ПОПУЛЯРНЫЯ РѢЧИ

Г. ГЕЛЬМГОЛЬЦА.

ПЕРЕВОДЪ

СЛУШАТЕЛЬНИЦЪ С. П. Б. ВЫСШИХЪ ЖЕНСКИХЪ КУРСОВЪ

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

О. Д. Хвольсона и С. Я. Терешина.

Часть I.

ИЗДАНІЕ ВТОРОЕ,

ПЕРЕСМОТРѢННОЕ И ИСПРАВЛЕННОЕ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера.
Невскій просп., № 14.
1898.

66579

ПРОВЕРЕНО
20 04 г. 10

H. v. Helmholtz

ПОПУЛЯРНЫЯ РѢЧИ

Г. ГЕЛЬМГОЛЬЦА.

ПЕРЕВОДЪ

СЛУШАТЕЛЬНИЦЪ С. П. Б. ВЫСШИХЪ ЖЕНСКИХЪ КУРСОВЪ

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

О. Д. Хвольсона и С. Я. Терешина.

Часть I.

ИЗДАНІЕ ВТОРОЕ,

ПЕРЕСМОТРѢННОЕ И ИСПРАВЛЕННОЕ.

Имеется
3-7
4428

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера.
Невскій просп., № 14.
1898.

К
52(09)
Г 322

66579

БИБЛИОТЕКА
НГУ

Дз. 4926

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ. 2 Сентября 1897 г.

Типографія В. Безобразова и Комп. (Вас. Остр., 8 линія, № 45).

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Стран.

О взаимодѣйствіи силъ природы 1

О сохраненіи силы 35

О цѣли и объ успѣхахъ естествознанія. 75

Современное развитіе взглядовъ Фарадея на электричество. 105

О ВЗАИМОДѢЙСТВІИ СИЛЪ ПРИРОДЫ.

Въ послѣднее время физика обогатилась открытіемъ, представляющимъ весьма большой интересъ; съ этимъ открытіемъ я постараюсь познакомить слушателей. Дѣло касается новаго, общаго закона природы, управляющаго всѣми силами природы и взаимными ихъ отношеніями; этотъ законъ одинаково важенъ, какъ для теоретическаго объясненія явленій, такъ и для техническаго ихъ примѣненія.

Въ концѣ среднихъ вѣковъ естественныя науки стали быстро развиваться. Между техническими приложеніями, съ ними связанными, выдвинулась практическая механика развившаяся вмѣстѣ съ механикою теоретическою. Но характеръ ея въ то время былъ весьма отличенъ отъ современнаго. Пользуясь математикой, она дѣлала быстрые успѣхи, и, опьяненная ими, въ своемъ юношескомъ пылу, не отказывалась браться за рѣшеніе любой задачи, смѣло приступала къ самымъ труднымъ и сложнымъ. Такъ напр. весьма усердно стали работать надъ искусственнымъ подражаніемъ живымъ организмамъ, животнымъ и людямъ, въ видѣ такъ называемыхъ автоматовъ. Чудами прошлаго столѣтія считалась утка Vaucanson'a, которая ѣла и переваривала, его-же игрокъ на флейтѣ, правильно шевелившій пальцами, пишущій мальчикъ старшаго и пьянистка младшаго Droz'a; послѣдняя слѣдила во время игры глазами за пальцами, а по окончаніи пьесы вѣжливо кланялась публикѣ. Было бы непостижимо, что люди, по изобрѣтательности не уступавшіе наиболѣе выдающимся умамъ нашего столѣтія, посвящали столько времени и труда, клали бездну остроумія на устройство этихъ автоматовъ — для насъ не болѣе какъ дѣтскихъ игрушекъ, если-бы они не вѣрили въ возможность полнаго рѣшенія задачи. Пишущій мальчикъ старшаго Droz'a въ Германіи еще не такъ давно показывался публикѣ.

Механизмъ его колосъ такъ сложенъ, что потребовалась-бы не дюжинная голова для одного разъясненія его устройства. Но, слушая разсказъ о томъ, что мальчикъ и его строитель обвинялись въ черной магіи, что они долгое время содержались въ тюрьмѣ испанской инквизиціи, и лишь съ трудомъ добились освобожденія, становится яснымъ, что сходство игрушки съ человѣкомъ было достаточно для того, чтобы явилось подозрѣніе о сверхестественномъ ея происхожденіи. И если тѣ механики вѣроятно и не питали надежды вдунуть въ свои созданія души, одаренныя нравственными совершенствами, то, они, какъ и многіе другіе, конечно охотно отказались-бы отъ нравственныхъ совершенствъ своихъ слугъ съ тѣмъ, чтобы лишить ихъ и нравственныхъ недостатковъ, сообщить имъ исправность механизма, замѣнить бренность тѣла выносливостью стали и мѣди. Такимъ образомъ цѣль, которую преслѣдовали изобрѣтатели прошлаго столѣтія, была смѣло намѣчена; къ ней упорно стремились и на достиженіе ея была потрачена бездна изобрѣтательности; наука обогатилась новыми, усовершенствованными механизмами, которыми и воспользовались, въ позднѣйшее время, для достиженія болѣе доступныхъ практическихъ цѣлей. Мы уже не стараемся строить машинъ, которыя выполняли бы тысячи разнообразныхъ дѣйствій одного человѣка, но, наоборотъ, требуемъ, чтобы одна машина, выполняя одно дѣйствіе, замѣняла тысячу людей.

Попытки искусственно создать живое существо породили, тожо вслѣдствіе недоразумѣнія, новую идею—ставшую новымъ философскимъ камнемъ 17-го и 18-го столѣтій. Дѣло идетъ о «Perpetuum mobile», т. е. о механизмѣ, который, не нуждаясь въ двигательной силѣ или заводѣ, въ примѣненіи силы падающей воды, вѣтра или другихъ силъ природы, оставался бы самъ собою въ непрерывномъ движеніи, черпая двигательную силу изъ самого себя. Казалось, что живые организмы осуществляютъ эту идею; они двигаются пока живутъ и никто ихъ не заводитъ и не подталкиваетъ. Тогда еще ничего не знали о зависимости между питаніемъ и развитіемъ силы; пища казалось необходимою какъ бы для смазки колесъ живой машины, для того, чтобы пополнять затраченное, замѣнять отслужившее. Черпаніе силы изъ самого себя—вотъ что казалось существенною особенностью, сущностью органической жизни. Чтобы искусственно создать человѣка—нужно было сперва найти perpetuum mobile.

Но, повидимому, рядомъ съ этою, занимала второе мѣсто еще другая надежда, которая въ нашъ практическій вѣкъ заняла бы первенствующее положеніе въ головахъ людей. Perpetuum mobile

долженъ былъ дать неистощимый источникъ рабочей силы, безъ всякихъ затратъ на нее, т. е. изъ ничего. Но работа — деньги. Такимъ образомъ улыбалось издали рѣшеніе великой практической задачи, надъ которой работали хитрыя головы всѣхъ столѣтій— богатѣть безъ труда, добывать деньги изъ ничего. Сходство съ философскимъ камнемъ, котораго искали алхимики, полное; и этотъ камень долженъ былъ содержать въ себѣ сущность органической жизни и быть способнымъ дѣлать золото.

Велико было побужденіе, заставлявшее искать рѣшенія задачи и не слѣдуетъ умалять таланта тѣхъ, которые стремились къ этому рѣшенію. Задача была такова, что могла увлечь мудрѣйшія головы, годами водить ихъ въ замкнутомъ кругѣ новыхъ возникающихъ надеждъ; манить, казалось, постоянно приближающимся рѣшеніемъ ея и, наконецъ, доводить до безумія. Призракъ не давался въ руки. Было бы невозможно написать исторію этихъ неудачъ, такъ какъ лучшіе умы, между которыми былъ и старшій Droz, убѣдившись въ тщетности своихъ попытокъ, не были склонны много говорить о нихъ; за то менѣе свѣтлыя головы нерѣдко возвѣщали, что великое открытіе сдѣлано, что тайна разгадана. Рядъ постоянныхъ разочарованій мало-по-малу укрѣпилъ мнѣніе, что задача не разрѣшима. Вскорѣ это мнѣніе подтвердилось наукою; теоретическая механика рѣшала одна за другою относящіяся сюда задачи и, наконецъ, дала строгое и общее доказательство того, что по крайней мѣрѣ при помощи чисто механическихъ силъ, невозможно построить perpetuum mobile.

Мы встрѣтились теперь съ понятіямъ о двигательной силѣ или работоспособности машины, съ которымъ будемъ имѣть дѣло и дальше. Отправленія машины нерѣдко отождествлялись съ работою человѣка и животныхъ. Работоспособность ея и до сихъ поръ измѣряется лошадиными силами. Между тѣмъ работника цѣнятъ не столько по запасу силъ, сколько за его ловкость и искусство. Нельзя въ короткое время сдѣлать работника ловкимъ; для пріобрѣтенія ловкости нужны талантъ и опытъ, время и трудъ. Машины, хорошо исполняющія свое назначеніе, могутъ быть доставлены во всякое время и въ любомъ количествѣ экземпляровъ; за то онѣ вполнѣ лишены той особенности труда человѣка, благодаря которой въ нѣкоторыхъ производствахъ искусство машины не можетъ замѣнить искусства человѣка. Вотъ почему оцѣнку работоспособности машины ограничили измѣреніемъ развиваемой ею силы, и это тѣмъ болѣе важно, что дѣйствительно назначеніе большинства машинъ состоитъ въ томъ, чтобы могуществомъ своихъ дѣйствій превзойти животныхъ и человѣка. Вотъ почему въ меха-

никѣ понятіе о работѣ стало равносильно понятію о развиваемой силѣ; въ этомъ смыслѣ я и буду далѣе пользоваться этимъ понятіемъ.

Какъ измѣрить работоспособности различныхъ машинъ и какъ сравнить ихъ между собою?

Я долженъ провести васъ, возможно краткимъ путемъ, чрезъ рядъ скучныхъ, механико-математическихъ понятій, чтобы привести наконецъ къ мѣсту, съ котораго откроются болѣе обширныя горизонты; и если примѣръ водяной мельницы и желѣзнаго молота, которымъ я буду пользоваться, достаточно поэтиченъ, то я къ сожалѣнію долженъ отказаться отъ обозрѣнія темнаго лѣса, журчащаго ручья, кузницы, въ которой сверкаютъ искры и движутся черные циклопы, и обратить ваше вниманіе на малопоэтическія стороны самой машины. Она приводится въ движеніе водянымъ колесомъ, вращаемымъ падающими на него водяными массами. Ось водянаго колеса снабжена выступами, которые во время вращенія подхватываютъ тяжелые молоты, поднимаютъ ихъ на нѣкоторую высоту, предоставляютъ свободному паденію и подхватываютъ снова. Падающій молотъ обработываетъ металлъ, подставленный подъ его удары. Работа машины въ этомъ случаѣ состоитъ въ преодолѣваніи силы тяжести молота, въ поднятіи его на высоту. Подъемная сила, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, должна быть пропорціональна вѣсу молота, т. е. должна быть удвоена для поднятія молота, который вдвое тяжелѣе. Но успѣшность обработки молотомъ металла зависитъ не только отъ тяжести его, но и отъ высоты паденія. Падая съ высоты равной 2-мъ футамъ, онъ производитъ дѣйствіе, вдвое бо́льшее, чѣмъ другой молотъ, падающій съ высоты, равной одному футу. Ясно, что если машина произвела нѣкоторую работу при поднятіи молота на одинъ футъ, она должна произвести еще такую же для поднятія его еще на одинъ футъ. Такимъ образомъ, работа машины удваивается не только при удваиваніи вѣса молота, но и при поднятіи его на высоту вдвое бо́льшую. Отсюда ясно, что работу должно измѣрять произведеніемъ вѣса поднятой тяжести на высоту поднятія. Такъ и поступаютъ въ дѣйствительности; механика единицу работы называетъ фунто-футомъ; это работа поднятія фунта на высоту одного фута.

Въ то время, какъ работа машины состоитъ въ поднятіи тяжелыхъ молотовъ, источникомъ ея двигательной силы служатъ падающія массы воды. Но требуется, чтобы вода падала вертикально; она можетъ течь и по отлогому руслу; но чтобы потокъ ея могъ двигать мельницу, необходимо, чтобы онъ стекалъ внизъ съ

возвышенности. Опытъ и теорія одинаково доказываютъ, что для поднятія на 1 футъ молота, вѣсомъ равнаго одному центнеру, необходима сила паденія одного центнера воды съ высоты, равной одному футу, или 2-хъ ц. съ высоты, равной $^1/_2$ ф., или 4-хъ ц. съ высоты $=^1/_4$ ф. и т. д. Короче, если, измѣряя силу паденія воды произведеніемъ ея вѣса на высоту паденія, мы получили нѣкоторое число фунто-футовъ, то наибольшее количество работы, которое машина можетъ произвести, поднимая молотъ, равно этому-же числу фунто-футовъ работы, и никакъ не больше. На практикѣ равенство никогда не достигается; значительная часть работы падающей воды остается безъ примѣненія, такъ какъ вообще охотно теряютъ часть работы, чтобы получить бо́льшую скорость.

Замѣчу еще, что это соотношеніе остается неизмѣннымъ, передается ли двигательная сила молоту непосредственно прилегающими къ нему водяными колесами или при посредствѣ другихъ промежуточныхъ зубчатыхъ колесъ, безконечныхъ винтовъ, блоковъ или канатовъ. Этими приспособленіями можно достичь того, что сила, подымающая при непосредственномъ дѣйствіи молотъ, вѣсомъ въ 1 центнеръ, на нѣкоторую высоту, подыметъ молотъ въ 10 ц. или на высоту въ 10 разъ меньшую, или въ 10 разъ медленнѣе; однимъ словомъ, какъ бы ни были разнообразны величины дѣйствующей силы, потокъ, доставляющій въ опредѣленное время опредѣленное количество воды, даетъ въ это время лишь опредѣленное число фунто-футовъ работы.

И такъ, назначеніе нашей машины состоитъ въ томъ, чтобы, пользуясь тяжестью падающей воды, преодолѣть тяжесть молота и, поднявъ его на нѣкоторую высоту, предоставить свободному паденію. Отчего для обработки металла, недостаточно давленія спокойно лежащаго на немъ молота? отчего необходимъ ударъ молота, падающаго съ высоты, — ударъ, который тѣмъ сильнѣе, чѣмъ съ большей высоты молотъ падаетъ и чѣмъ слѣдовательно паденіе быстрѣе? Мы находимъ, что работоспособность молота зависитъ отъ его скорости. И въ другихъ случаяхъ мы, увеличивая скорость движущихся массъ, достигаемъ бо́льшихъ результатовъ. Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно вспомнить разрушающее дѣйствіе пули, вылетающей изъ ружья, представляющей столь невинный маленькій предметъ въ состояніи покоя. Вѣтреная мельница пріобрѣтаетъ свою силу отъ движенія воздуха. Насъ можетъ удивить, что движеніе,—эта, повидимому, столь измѣнчивая и временная способность матеріи, можетъ быть источникомъ такихъ могучихъ дѣйствій. Но въ окружающихъ насъ явленіяхъ движеніе непостоянно, вслѣдствіе всевозможныхъ препятствій, которыя оно

встрѣчаетъ на своемъ пути, каковы треніе, сопротивленіе воздуха, столкновеніе съ другими движущимися или покоющимися предметами. Не встрѣчая препятствій, тѣло, разъ начавъ двигаться, движется вѣчно, сохраняя первоначальную скорость, Такъ небесныя тѣла пробѣгаютъ въ пространствѣ все тѣ же пути въ теченіе многихъ тысячелѣтій. Лишь сопротивляющіяся силы могутъ замедлить или остановить движеніе. Движущееся тѣло, напр. падающій молотъ или летящая пуля, ударяясь о другой предметъ, сплющиваютъ его или внѣдряются въ него, пока сумма сопротивляющихся силъ будетъ достаточно велика, чтобы остановить дальнѣйшее паденіе молота или полетъ пули. Способность движущейся массы производить работу называется ея живою силою; слово «живая» не имѣетъ здѣсь значенія органической жизни, но употреблено для отличія силы движенія отъ спокойнаго состоянія, въ которомъ находится тяжесть покоющагося тѣла, вызывающая непрерывное давленіе на его опору, но не вызывающая никакого движенія.

Мы имѣли рабочую силу въ видѣ падающей воды, въ видѣ приподнятаго на нѣкоторую высоту молота, въ видѣ живой силы молота, свободно падающаго. Эту третью форму можно было бы снова перевести во вторую, заставляя падать молотъ на весьма упругое стальное бревно, достаточно крѣпкое, чтобы противостоять удару. Но и при наиболѣе благопріятныхъ условіяхъ молотъ поднимется на высоту, съ которой упалъ и ни въ какомъ случаѣ не выше. Въ моментъ достиженія прежней высоты его масса представитъ первоначальное количество приподнятыхъ фунто-футовъ работы, т. е. живая сила можетъ дать количество рабочей силы, лишь равное тому, отъ котораго она возникла. Она ему эквивалентна.

Мы приводимъ въ движеніе стѣнные часы при помощи опускающихся гирь, карманные — при помощи закрученной пружины. Тяжесть, лежащая на полу или раскрученная упругая пружина не могутъ оказать никакого дѣйствія; чтобы получить его, надо приподнять тяжесть, закрутить пружину, что мы и дѣлаемъ при заводѣ часовъ. Человѣкъ, заводя часы, сообщаетъ гирямъ или пружинѣ нѣкоторый запасъ рабочей силы, который они и расходуютъ постепенно въ теченіе 24 часовъ; гири спускаются, пружина раскручивается, преодолѣвая треніе колесъ и сопротивленіе воздуха. Такимъ образомъ, часовой механизмъ не производитъ рабочей силы, но постепенно расходуетъ ту, которая была сообщена ему при заводѣ.

Въ прикладъ духоваго ружья мы нагнетаемъ при помощи воздушнаго насоса большое количество воздуха. Когда мы открываемъ

кранъ, сжатый воздухъ устремляется въ дуло ружья и выталкиваетъ вложенную въ него пулю съ быстротою, подобною той, которая достигается при воспламенении пороха. Измѣривъ работу накачиванія воздуха, мы будемъ знать живую силу ядра, выброшеннаго изъ дула ружья: по послѣдняя никогда не превзойдетъ первой. Сжатый воздухъ передалъ ядру то количество рабочей силы, которое было сообщено ему нагнетательнымъ насосомъ. Накачиваніе воздуха продолжалось, можетъ быть, около $^1/_4$ часа; израсходована-же вся накопившаяся при этомъ рабочая сила въ одно мгновеніе выстрѣла: за то ядро пріобрѣло скорость, которую нельзя сообщить ему, бросивъ его рукой.

Изъ этихъ примѣровъ уже ясно,—и далѣе математически доказано для всевозможныхъ дѣйствій чисто механическихъ силъ—что всѣ наши механизмы и аппараты не вырабатываютъ рабочей силы, но отдаютъ лишь въ видоизмѣненной формѣ запасъ работы, сообщенный имъ какими либо силами природы, каковы напримѣръ сила паденія воды или вѣтра, или сила мускуловъ человѣка или животныхъ. Послѣ того, какъ эта истина была установлена великими математиками прошлаго столѣтія, лишь мало свѣдующія головы могли еще думать о вѣчномъ движеніи, которое происходило бы на счетъ чисто механическихъ силъ — каковы силы тяжести, упругости, давленія жидкостей и газовъ. Но существуетъ еще обширная область различныхъ силъ природы, которыя хотя не могутъ быть причислены къ явнымъ силамъ движенія—каковы теплота, свѣтъ, электричество, химическое сродство, но находятся въ тѣсной связи съ этими силами. Едва ли найдется явленіе, въ которомъ не участвуютъ механическія силы и которое, слѣдовательно, не могло бы служить источникомъ механической работы. Съ этой стороны вопросъ о «perpetuum mobile» оставался открытымъ и рѣшеніе его есть тотъ успѣхъ новѣйшей физики, о которомъ я обѣщалъ разсказать.

Въ духовомъ ружьѣ выстрѣлъ происходитъ на счетъ работы, произведенной человѣкомъ при накачиваніи воздуха; въ обыкновенномъ огнестрѣльномъ оружіи—высокое давленіе газа, выбрасывающаго ядро, достигается инымъ путемъ, а именно сожиганіемъ пороха. Въ этомъ случаѣ продукты горѣнія суть газы, стремящіеся занять объемъ несравненно бо́льшій объема пороха; работа расширенія газа замѣняетъ работу мускуловъ человѣка при накачиваніи воздуха.

Наши наиболѣе сильныя машины—паровыя, также приводятся въ движеніе паромъ, стремящимся расшириться. Высокая упругость паровъ достигается и въ этомъ случаѣ не какою либо извнѣ

приложенною механическою силою, но образованіемъ массы пара въ замкнутомъ пространствѣ при нагрѣваніи воды въ герметически закрытомъ котлѣ. Такимъ образомъ, нагрѣваніе служитъ источникомъ механической силы. Источники тепла могутъ быть различны; наиболѣе употребительный есть горѣніе угля.

Но горѣніе есть химическій процессъ; кислородъ, одна изъ составныхъ частей воздуха, обладаетъ сильнымъ химическимъ сродствомъ къ нѣкоторымъ составнымъ частямъ горючихъ веществъ, между прочимъ къ углю; соединеніе начинается при повышенной температурѣ. Когда часть горючаго вещества, напр. угля, достигла достаточно высокой температуры, химическій процессъ начинается и углеродъ весьма энергично соединяется съ кислородомъ атмосферы; продуктъ же его въ случаѣ сожиганія угля есть угольная кислота, тотъ самый газъ, который выдѣляется изъ шипучихъ напитковъ, каковы пиво и шампанское. При этомъ процессѣ появляются теплота и свѣтъ; вообще всякое соединеніе веществъ, имѣющихъ сильное химическое сродство другъ къ другу, сопровождается выдѣленіемъ тепла, а въ случаѣ, когда нагрѣваніе вызываетъ накаливаніе—выдѣленіемъ свѣта. Такимъ образомъ, источникомъ колоссальной рабочей силы нашихъ паровыхъ машинъ служитъ химическій процессъ—горѣніе угля; источникомъ живой силы летящаго ядра—химическій процессъ сожиганія пороха.

Но тепло, служа источникомъ механической энергіи, можетъ быть само получено механическимъ путемъ: оно развивается при треніи, при ударѣ тѣлъ. Искусный кузнецъ можетъ до-красна раскалить желѣзо одними ударами молота. Оси колесъ нашихъ экипажей предохраняются отъ воспламененія тщательнымъ смазываніемъ. Треніемъ, какъ источникомъ теплоты даже пользовались на нѣкоторыхъ заводахъ: избытокъ рабочей силы, напр. силы падающей воды, утилизировали для вращенія металлической плиты, насаженной на ось и плотно прилегающей къ другой неподвижной плитѣ; при вращеніи послѣдняя нагрѣвалась настолько, что служила источникомъ тепла; помѣщеніе отапливалось безъ топлива. Нельзя ли употребить развивающееся при этомъ тепло для отопленія маленькой паровой машины, которая въ свою очередь служила бы источникомъ механической силы, вращающей плиты? если это возможно, то круговой процессъ найденъ, perpetuum mobile построено. Вопросъ былъ поставленъ, но знаній было еще недостаточно для правильнаго его рѣшенія. Замѣчу заранѣе, что общій законъ, открытый впослѣдствіи, рѣшилъ этотъ вопросъ отрицательно.

Аналогиченъ планъ одного американскаго изобрѣтателя, которымъ онъ произвелъ сенсацію въ промышленномъ мірѣ Европы. Публика знакома съ магнито-электрической машиной, какъ съ приборомъ, которымъ пользуются при леченіи ревматизма и паралича. Если привести магнитъ въ быстрое вращеніе, то получаются сильные электрическіе токи. Пропуская ихъ черезъ воду, мы разлагаемъ ее на составныя части — кислородъ и водородъ. Сожигая водородъ не въ воздухѣ, но въ чистомъ кислородѣ и вводя въ его пламя кусочекъ мѣла, мы накаливаемъ его до бѣла, причемъ получается яркій свѣтъ, называемый Друмондовымъ. Горѣніе водорода сопровождается сильнымъ выдѣленіемъ тепла. Американецъ задумалъ воспользоваться газами, полученными при разложеніи воды электрическимъ токомъ, полагая, что при ихъ сжиганіи выдѣляется количество тепла, достаточное для нагрѣванія паровой машины, которая въ свою очередь двигала бы колесо электрической машины, разлагала бы воду и такимъ образомъ сама бы себѣ приготовляла топливо. Это было бы недурное изобрѣтеніе, perpetuum mobile, которое кромѣ двигательной силы, служило бы прямымъ источникомъ свѣта. За каждымъ шагомъ къ осуществленію его слѣдили съ напряженнымъ вниманіемъ. Но люди, знакомые съ новѣйшими работами физиковъ по интересующему насъ вопросу, могли предсказать, что оно лишь увеличило число многочисленныхъ сказокъ сказочной Америки, что и оправдалось.

Изъ приведенныхъ примѣровъ уже видно, въ какой тѣсной связи электричество, магнетизмъ, теплота, свѣтъ и химическое сродство находятся съ механическими силами. Исходя изъ каждаго изъ этихъ проявленій силъ природы, можно перейти къ любому изъ остальныхъ и притомъ, въ большинствѣ случаевъ, не однимъ только путемъ, но многими различными.

Ясно, что если бы удалось какимъ бы то ни было путемъ, вродѣ того, какъ это задумалъ нашъ американецъ, исходя изъ силъ механическихъ, переводя ихъ въ тепло, электричество или свѣтъ, идя далѣе, получить вновь механическую силу, но большую первоначальной, причемъ составныя части машины не пострадали бы, т. е. выигрышъ въ количествѣ энергіи произошелъ бы не на ихъ счетъ, то часть энергіи пошла бы на дальнѣйшее круговое дѣйствіе, остальная—могла-бы быть употреблена, какъ рабочая сила. Весь вопросъ былъ въ томъ, чтобы разобраться въ этихъ явленіяхъ, столь тѣсно переплетенныхъ между собой, найти круговой путь отъ одного къ другому, и источникъ вѣчнаго движенія былъ-бы открытъ.

Но, умудренные тщетностью прежнихъ попытокъ, ученые отказались отъ новыхъ опытовъ и поставили вопросъ иначе; они уже не спрашивали, какъ воспользоваться извѣстными и неизвѣстными соотношеніями между явленіями природы, чтобы получить perpetuum mobile, но замѣнили этотъ вопросъ другимъ: если вѣчное движеніе не возможно, то какова должна быть зависимость между силами природы? Такою постановкою вопроса все было достигнуто; соотношеніе и взаимная связь были вскорѣ выяснены; оказалось, что они подтверждаютъ не только положенное въ основаніе предположеніе, но и нѣкоторыя новыя, дотого времени неизвѣстныя соотношенія, которыя нуждались еще въ подтвержденіи опытомъ; но окажись хотя одно изъ нихъ ошибочнымъ — perpetuum mobile было-бы осуществимо.

Первымъ вступилъ на этотъ путь французъ S. Carnot въ 1824 г. Но смотря на узкость нѣкоторыхъ его взглядовъ и ложное представленіе о природѣ тепла, приведшее его къ нѣкоторымъ ошибочнымъ заключеніямъ, его попытка была удачна и имъ первымъ былъ высказанъ законъ, который теперь носитъ его имя. Я скажу о немъ далѣе. Работа Carnot оставалась долгое время безъ вниманія. Лишь 18 лѣтъ спустя, въ 1842 г. зарождаются тѣ же мысли у ученыхъ различныхъ странъ, независимо другъ отъ друга.

Первымъ, вполнѣ усвоившимъ и ясно формулировавшимъ законъ, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь, былъ нѣмецкій врачъ, I. R. Mayer въ Гейльброннѣ въ 1842 году. Немного позднѣе, въ 1843 г. Colding, датчанинъ, представилъ Академіи въ Копенгагенѣ трактатъ, въ которомъ излагалъ тотъ же законъ, подтверждая его описаніемъ нѣкоторыхъ опытовъ. Одновременно Joule въ Англіи производилъ рядъ опытовъ по тому же вопросу. Такимъ образомъ у различныхъ ученыхъ, независимо другъ отъ друга, возникли новыя и сходныя между собой представленія, что нерѣдко замѣчается въ исторіи науки, когда на разработку какого-нибудь вопроса наталкиваетъ предшествовавшій ходъ ея развитія.

Я тоже вступилъ на этотъ путь, ничего не зная о работахъ Maier'a и Colding'a и ознакомившись съ опытами Joule'я лишь по окончаніи своей работы, въ которой я старался открыть неизвѣстную связь между различными силами природы. Результаты моихъ изысканій я опубликовалъ въ 1847 г. въ статьѣ, озаглавленной: «О сохраненіи силы».

Съ тѣхъ поръ интересъ къ этимъ вопросамъ все болѣе и болѣе возрасталъ. Многіе выводы изъ новыхъ воззрѣній, нуждавшіеся при появленіи первыхъ, теоретическихъ работъ въ экспе-

рименталномъ доказательствѣ, были подтверждены опытами Joule'я въ Англіи, а въ послѣдніе годы и опытами выдающагося французскаго физика Regnault, который произвелъ ихъ, изучая теплоемкость газовъ. Нѣкоторые существенные выводы еще нуждаются въ опытной провѣркѣ, но, въ общемъ, число подтвержденныхъ выводовъ такъ велико, что я считаю своевременнымъ познакомить съ ними непосвященную публику.

Какъ былъ рѣшенъ поставленный вопросъ—уже ясно изъ предыдущаго. Изъ процессовъ, происходящихъ въ природѣ, нельзя составить такого круговаго пути, при которомъ механическая сила могла-бы быть выиграна безъ соотвѣтствующей затраты; perpetuum mobile невозможно. Но тѣмъ самымъ наши разсужденія получаютъ особый интересъ.

До сихъ поръ мы разсматривали проявленіе силъ природы съ точки зрѣнія примѣненія ихъ на пользу человѣка, для приведенія въ движеніе машинъ. Теперь мы дошли до обобщеннаго закона, существующаго независимо отъ отношенія человѣка къ силамъ природы; поэтому, формулируя его, мы должны особенно ясно выразить его общность. Мы уже знаемъ, что машины служатъ для того, чтобы по желанію расходовать нѣкоторый опредѣленный запасъ рабочей силы, полученный насчетъ какой либо силы природы. Спрашивается, если сила не можетъ быть выиграна въ количествѣ, то можетъ ли она быть утрачена или уменьшена? Для машиннаго дѣла это несомнѣнно, если мы упускаемъ случай воспользоваться запасомъ силы; но, какъ доказано опытами, потеря силы не абсолютная.

Прежде механики думали, что при ударѣ и треніи живыя силы исчезаютъ, но я уже привелъ примѣры того, что всякій ударъ и всякое треніе служатъ источниками тепла. Joule показалъ на опытѣ, что каждому фунто-футу работы соотвѣтствуетъ опредѣленное количество теплоты, и что когда тепло служитъ источникомъ механической силы, то каждый фунто-футъ работы пріобрѣтается насчетъ такого-же количества тепла. Количество тепла, необходимое для нагрѣванія 1 ф. воды на 1° стоградуснаго термометра, эквивалентно работѣ поднятія 1 фунта на высоту 425 метровъ. Эту величину называютъ механическимъ эквивалентомъ теплоты. Я прошу обратить ваше вниманіе на противорѣчіе этихъ данныхъ прежнему воззрѣнію на теплоту, какъ на тончайшую невѣсомую матерію, наполняющую пространство между частицами тѣлъ, и на согласіе ихъ съ новымъ ученіемъ о теплотѣ—какъ о движеніи частицъ матеріи, аналогичномъ движеніямъ свѣтовому и звуковому. При ударѣ и треніи, видимое движеніе всей массы

переходитъ въ невидимое, но ощущаемое движеніе ея мельчайшихъ частицъ; при образованіи механической силы насчетъ теплоты, наоборотъ, движеніе мельчайшихъ частицъ — въ движеніе всей массы.

Химическія соединенія служатъ также источникомъ тепла, причемъ количество выдѣляющагося тепла не зависитъ ни отъ продолжительности, ни отъ хода реакціи, если только она не сопровождается производствомъ работы. Если она сопровождается машинною работой, напр. расширеніемъ пара, какъ въ паровой машинѣ, то тепла выдѣлится менѣе на количество, эквивалентное произведенной работѣ. Работоспособность химическихъ процессовъ, вообще говоря, очень велика. Одинъ фунтъ чистаго угля, сгорая, выдѣляетъ количество тепла, достаточное для нагрѣванія 8086 ф. воды на 1^{0} С. Отсюда мы вычисляемъ, что величина химическаго притяженія между частицами одного фунта угля и частицами соотвѣтствующаго количества кислорода эквивалентна работѣ поднятія 100 ф. воды на высоту $4^{1}/_{2}$ миль. Къ сожалѣнію, мы въ нашихъ паровыхъ машинахъ можемъ утилизировать лишь небольшую часть этой работы; остальная утрачивается въ видѣ теплоты. Наши лучшія паровыя машины даютъ лишь $18^{0}/_{0}$ выдѣляющагося тепла въ видѣ двигательной силы.

Аналогичное изученіе всѣхъ извѣстныхъ физическихъ и химическихъ явленій привело насъ къ заключенію, что природа обладаетъ нѣкоторымъ опредѣленнымъ запасомъ работоспособной силы, который не можетъ ни возрастать, ни уменьшаться: онъ также вѣченъ и неизмѣненъ, какъ запасъ вещества. Въ этомъ смыслѣ законъ, управляющій видоизмѣненіями силъ природы, былъ названъ мною принципомъ сохраненія силы.

Мы, люди, не имѣемъ возможности создать механической силы, мы можемъ лишь черпать ее изъ открытой для всѣхъ сокровищницы природы. Лѣсной ручей, вѣтеръ, двигающій наши мельницы, лѣсъ и уголь, служащіе топливомъ для нашихъ паровыхъ котловъ, согрѣвающіе наши жилища, суть носители незначительной части большаго запаса силы, находящагося въ природѣ.

Мы пользуемся имъ для нашихъ нуждъ, расходуя его сообразно нашей волѣ и умѣнью. Мельникъ считаетъ силу водъ и вѣтра своею собственностью; эти незначительныя частицы запаса силъ природы составляютъ главную цѣнность его имущества.

Но изъ того, что механическая работа не можетъ исчезнуть абсолютно, не слѣдуетъ, что она вся можетъ быть обращена на пользу человѣка. Въ этомъ отношеніи важны слѣдствія, выведенныя Thomson'омъ изъ закона Carnot.

Законъ этотъ, открытый при изученіи соотношеній между теплотой и работой, не представляетъ собой необходимаго слѣдствія принципа сохраненія силы и въ этомъ смыслѣ впервые обработанъ Clausius'омъ. Законъ Carnot даетъ соотношеніе между сжимаемостью, теплоемкостью и тепловымъ расширеніемъ для всѣхъ тѣлъ; онъ не вполнѣ еще подтвержденъ опытомъ, но большую достовѣрность придаютъ ему нѣкоторыя явленія, предсказанныя на основаніи его и затѣмъ полученныя опытнымъ путемъ. Carnot далъ свой законъ въ видѣ математической формулы; словами онъ можетъ быть выраженъ такъ: «Лишь при переходѣ теплоты отъ тѣла болѣе теплаго къ болѣе холодному часть ея можетъ быть превращена въ механическую силу».

Теплота тѣла, которое не можетъ быть болѣе охлаждено, не можетъ уже служить источникомъ какой либо изъ дѣятельныхъ формъ энергіи — механической, электрической или химической. Такъ, въ паровыхъ машинахъ мы переводимъ часть тепловой энергіи раскаленнаго угля въ механическую, сообщая первую холодной водѣ; если бы всѣ тѣла имѣли одинаковую температуру, то механическая энергія не могла бы быть получена изъ тепловой. Сообразно съ этимъ, весь міровой запасъ силы можетъ быть раздѣленъ на двѣ части — одна есть тепловая и останется таковою, другая — состоитъ изъ избытка тепловой энергіи болѣе нагрѣтыхъ тѣлъ и совокупности энергій электрической, механической, магнитной и химической; она способна претерпѣвать всевозможныя видоизмѣненія, отъ которыхъ зависитъ все богатство и разнообразіе явленій природы.

Но избытокъ теплоты тѣлъ болѣе нагрѣтыхъ стремится лучеиспусканіемъ, или непосредственной передачей, распредѣлиться равномѣрно между тѣлами, менѣе нагрѣтыми. Съ другой стороны, при всѣхъ движеніяхъ и столкновеніяхъ земныхъ предметовъ, часть ихъ механической силы переходитъ въ тепло, одна лишь часть котораго можетъ быть снова переведена въ механическую или какую-либо другую силу. Отсюда слѣдуетъ, что часть міроваго запаса дѣятельной силы, пребывающей неизмѣнно въ видѣ тепла, постоянно возрастаетъ насчетъ другой, видоизмѣняющейся, такъ что, если ничто не нарушитъ спокойнаго теченія физическихъ процессовъ въ мірѣ, настанетъ время, когда будетъ лишь одинъ видъ дѣятельной силы—теплота, произойдетъ полное уравненіе температуры, физическіе процессы прекратятся, а съ ними и органическая жизнь. Растенія, люди и животныя прекратятъ свое существованіе, такъ какъ солнце не будетъ давать ни тепла, ни свѣта; земная кора утратитъ химическую силу, и міръ погру-

зится въ вѣчный покой. Эти выводы изъ закона Carnot получатъ достовѣрность, когда онъ будетъ вполнѣ подтвержденъ дальнѣйшими опытами; до сихъ поръ однако все говоритъ въ его пользу. Во всякомъ случаѣ, достоинъ удивленія проницательный умъ Thomsom'a, съумѣвшаго прочесть судьбу міра въ знакахъ математическаго уравненія, связывающаго теплоемкость, объемъ и упругость тѣлъ.

Я предупреждалъ васъ, что намъ придется идти по безотрадному, усѣянному терніями пути механико-математическихъ соображеній. Путь этотъ оконченъ. Основной принципъ, съ которымъ я старался ознакомить васъ, открываетъ обширные горизонты мірозданія и дастъ возможность любоваться тѣми изъ нихъ, которые насъ наиболѣе привлекаютъ. Знакомство съ физической лабораторіей, съ ея мелочною дѣятельностью и запутанными отвлеченіями, не такъ заманчиво, какъ обзоръ небеснаго пространства, лѣсовъ, рѣкъ и живыхъ организмовъ, насъ окружающихъ. Мы обобщаемъ физическіе законы, изученные на землѣ, признавая ихъ приложимыми и къ небеснымъ тѣламъ. Такъ, сила, которую мы называемъ силою тяжести, дѣйствуетъ, между небесными тѣлами, какъ сила тяготѣнія. Она подчиняется тѣмъ же законамъ, какъ и сила тяжести, и дѣйствуетъ, какъ между землею и луною, такъ и между наиболѣе отдаленными двойными звѣздами.

Свѣтъ и теплота земныхъ предметовъ ничѣмъ существенно не отличаются отъ свѣта и теплоты солнца и наиболѣе удаленныхъ звѣздъ. Анализъ аэролитовъ, попадающихъ въ атмосферу земли, показываетъ, что они состоятъ изъ тѣхъ же элементовъ, какъ и вещества на землѣ. Изъ этого, конечно, не слѣдуетъ, что всѣ дѣйствующіе на землѣ физическіе законы имѣютъ силу и на другихъ планетахъ; мы займемся обзоромъ лишь тѣхъ изъ нихъ, которые завѣдуютъ сокровищницей дѣятельныхъ силъ природы.

Множество поразительныхъ особенностей въ строеніи нашей планетной системы указываетъ на то, что когда-то она представляла одну цѣлую, парообразную, вращающуюся массу. Безъ этого допущенія нельзя объяснить того, что всѣ планеты имѣютъ поступательное движеніе вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи, что всѣ онѣ въ одномъ направленіи вращаются около своихъ осей, что плоскости ихъ орбитъ, а также орбитъ ихъ спутниковъ и колецъ приблизительно совпадаютъ, и что орбиты суть кривыя, близкія къ окружностямъ круговъ. По этимъ признакамъ, возстановляющимъ картину прошлаго, астрономы создали теорію происхожденія нашей планетной системы; по природѣ вещей она всегда останется гипотезой, но въ отдѣльныхъ чертахъ, она такъ

хорошо подтверждается фактами, что заслуживаетъ полнаго вниманія, тѣмъ болѣе, что впервые возникла на отечественной почвѣ, въ стѣнахъ этого города. Она создана Кантомъ. Интересуясь описаніями земли и небесныхъ тѣлъ, онъ такъ углубился въ изученіе трудовъ Ньютона, настолько усвоилъ его идеи, что возымѣлъ геніальную мысль приписать образованіе солнечной системы дѣйствію той же силы, которая теперь поддерживаетъ вѣковое, неизмѣнное движеніе планетъ вокругъ солнца.

Эта сила собрала вѣсомую матерію, разсѣянную по всей вселенной, образовала солнце и планеты. Позднѣе, тѣ же мысли, независимо отъ Канта, возникли у Лапласа, великаго автора «Небесной механики», и онъ познакомилъ съ ними астрономовъ.

По его теоріи, началомъ солнечной системы была туманная масса, занимавшая часть пространства, въ которой движутся теперь вокругъ солнца планеты, простираясь далеко за предѣлы орбиты наиболѣе удаленной изъ нихъ, Нептуна. До сихъ поръ наблюдаются, на большихъ разстояніяхъ отъ насъ, туманныя пятна, свѣтъ которыхъ, по даннымъ спектральнаго анализа, есть свѣтъ раскаленныхъ газовъ, между которыми находится водородъ и азотъ. Но, и въ предѣлахъ нашей солнечной системы кометы, падающія звѣзды и зодіакальный свѣтъ являются слѣдами пылеобразной матеріи, движущейся по законамъ тяготѣнія. Она мало-по-малу удерживается массами небесныхъ тѣлъ и присоединяется къ нимъ, что происходитъ, напримѣръ, съ падающими звѣздами и аэролитами, попадающими въ атмосферу земли.

Вычисляя плотность матеріи для того времени, когда она была туманообразной массой, простиравшейся до орбитъ наиболѣе удаленныхъ планетъ, мы убѣждаемся, что многіе милліоны кубическихъ миль могли содержать не болѣе грана вѣсомой матеріи. Сила притяженія заставляла матерію уплотняться, стягиваться; парообразная масса, постепенно уменьшаясь въ объемѣ, пріобрѣтала все бо́льшую вращательную скорость, что по законамъ механики было неизбѣжнымъ при допущеніи первичнаго вращательнаго движенія. Развивающаяся при этомъ центробѣжная сила, наибольшая у экватора, должна была, отъ времени до времени, отрывать массы, которыя, по закону инерціи, и подчиняясь силѣ тяготѣнія, пріобрѣтали свое собственное движеніе вокругъ центральной вращающейся массы; такимъ образомъ, образовывались планеты, и такъ продолжалось до тѣхъ поръ, пока центральная масса не сгустилась до состоянія, въ которомъ находится теперь солнце. Происхожденіе тепла и свѣта не объясняются этой теоріей.

БИБЛИОТЕКА МГУ

Но когда эта туманная масса отдѣлилась отъ остальной первичной массы, заполнявшей вселенную, въ ней уже заключалось не только все количество матеріи, изъ которой впослѣдствіи образовались солнце, земля и планеты, но, по установленному нами закону, и весь запасъ рабочей силы, обнаружившей впослѣдствіи ту созидательную творческую дѣятельность, возможность которой была заложена въ первичномъ взаимномъ притяженіи частицъ. Эта сила, дѣйствуя на землѣ какъ сила тяжести, проявляется въ небесномъ пространствѣ въ видѣ притяженія между небесными тѣлами. Она носитъ названіе всемірнаго тяготѣнія. Сила тяжести, заставляя предметы падать на землю, производитъ нѣкоторую работу, вызывая живую силу паденія; то-же надо сказать о дѣйствіи этой силы въ пространствѣ, когда она приближаетъ другъ къ другу частицы разсѣянной матеріи. Вѣроятно былъ на лицо и запасъ химическихъ силъ; но такъ какъ проявленіе ихъ возможно лишь при достаточно тѣсномъ соприкосновеніи частицъ, то химическіе процессы могли начаться лишь позднѣе, при достаточномъ уплотненіи вещества.

Существовала ли часть энергіи въ видѣ тепловой, — мы не знаемъ, но и не нуждаемся въ этой гипотезѣ для объясненія происхожденія тепла. Богатый источникъ свѣта и тепла указанъ закономъ эквивалентности тепла и механической работы. Дѣйствительно, живая сила движенія частицъ, при ихъ столкновеніи между собой, уничтожалась, переходя въ тепло. Уже въ древнія времена думали, что столкновеніе космическихъ массъ должно было развивать теплоту, но далеко еще было до возможности, хотя приблизительно, опредѣлить ея количество. При современномъ положеніи науки, мы въ состояніи выразить его точными числами.

Принимая, что плотность первообразной матеріи была ничтожно мала сравнительно съ плотностью солнца и планетъ, мы можемъ вычислить работу уплотненія ея, а также часть этой работы, существующей донынѣ въ видѣ механической силы, проявляющейся въ притяженіи планетъ солнцемъ и въ живой силѣ ихъ движенія—и заключить отсюда о количествѣ ея, превратившемся въ теплоту.

Результаты вычисленій [1]) показываютъ, что лишь $^1/_{443}$ всего запаса механическихъ силъ нашей системы продолжаетъ существовать въ видѣ механической силы; остальная перешла въ тепловую и образовала колоссальное количество тепла, достаточное

---

[1]) Смотри добавленіе въ концѣ этой рѣчи, стр. 30.

для того, чтобы нагрѣть массу воды, равную массамъ солнца и планетъ, на 28 милліоновъ градусовъ стоградуснаго термометра. Чтобы составить себѣ нѣкоторое понятіе о подобной температурѣ, замѣтимъ, что наивысшая изъ доступныхъ намъ температуръ приблизительно равна 2000°—температура, достигаемая въ струѣ кислорода; она плавитъ и обращаетъ въ паръ платину и лишь немногія вещества способны противостоять ей. Каковы же должны быть дѣйствія температуры, равной 28 милл. градусовъ? Если бы вся масса вещества солнечной системы состояла изъ одного угля, то, сгорая, она дала бы лишь $^1/_{3500}$ этого запаса тепла. Ясно, что развитіе такого количества тепла было препятствіемъ къ уплотненію вещества, и лишь послѣ того, какъ бо́льшая часть ея разсѣялась въ видѣ лучистой теплоты, стало возможнымъ образованіе такихъ плотныхъ тѣлъ, каковы солнце и планеты. Но и въ первое время своего образованія, небесныя тѣла могли существовать лишь въ видѣ раскаленныхъ жидкихъ массъ; это предположеніе подтверждается для земли многими геологическими данными; для всѣхъ же планетъ вообще — ихъ формою сплюснутаго шара, формою, которую принимаетъ вращающаяся жидкая масса. Я сказалъ объ утратѣ нашею планетною системою значительной части тепла; это положеніе не противорѣчитъ установленному принципу сохраненія силы, такъ какъ утрата произошла лишь для нашей солнечной системы, но не для вселенной; въ пространствѣ она продолжаетъ свой путь въ видѣ лучистой теплоты, и неизвѣстно имѣетъ-ли среда, способная распространять тепловыя колебанія частицъ, предѣлъ, гдѣ лучи должны отразиться и идти назадъ, или имъ суждено продолжать свой путь до безконечности.

Но и имѣющійся на лицо запасъ механической силы нашей системы эквивалентенъ колоссальному количеству тепла. Если-бы земной шаръ могъ мгновенно прекратить свое поступательное движеніе вокругъ солнца, что впрочемъ не угрожаетъ ему при существующемъ порядкѣ вещей, то живая сила этого движенія дала-бы количество тепла, равное тому, которое выдѣляется при сжиганіи объема угля, въ 14 разъ бо́льшаго объема земного шара; оно было бы достаточно для нагрѣванія такой же массы воды на 112000°, т. е. достаточно для того, чтобы расплавить массу земнаго шара и бо̀льшую его часть обратить въ пары. Живая сила паденія земли на солнце, которое было бы необходимымъ слѣдствіемъ сдѣланнаго предположенія, породила бы количество теплоты, еще въ 400 разъ бо́льшее.

Аналогичныя явленія повторяются въ ме́ньшихъ размѣрахъ и донынѣ. Врядъ-ли можно сомнѣваться въ томъ, что падающія

звѣзды, огненные шары, аэролиты суть тѣла, двигавшіяся вокругъ солнца подобно планетамъ. Подъ вліяніемъ силы притяженія бо́льшей массы они вошли въ атмосферу земли и стали видимы. Свѣченіе этихъ метеоровъ и высокую температуру кусковъ, падающихъ на землю, съ давнихъ временъ объясняли треніемъ, которое они претерпѣваютъ въ атмосферѣ. Теперь мы въ состояніи вычислить, что скорость, равная 3000 ф. въ секунду, достаточна для того, чтобы раскалить массу аэролита до красна. Въ дѣйствительности же скорость падающихъ звѣздъ и метеоровъ въ 50 разъ болѣе, т. е. достигаетъ 4—6 миль въ секунду; значительная часть тепла, выдѣляющагося при этомъ движеніи, удерживается сгущенною массою воздуха, которую метеоръ гонитъ передъ собою. Слѣдъ, который оставляетъ за собой метеоръ, объясняется отрываніемъ раскаленныхъ частицъ съ его поверхности, а взрывы, которые иногда происходятъ—быстротою накаливанія; этимъ же объясняется и то явленіе, что метеоры горячи лишь въ моментъ паденія, затѣмъ они быстро охлаждаются, такъ какъ раскалиться успѣваетъ лишь наружный его слой.

Такимъ образомъ, паденіе метеоровъ возстановляетъ намъ картину прошлаго, повторяя одно изъ явленій, игравшихъ видную роль въ образованіи нашей планетной системы; оно позволяетъ перейти отъ гипотезы къ научной достовѣрности. Впрочемъ, въ изложенной теоріи, гипотезою можетъ быть названо лишь предположеніе Канта и Лапласа, что вещество было разсѣяно въ пространствѣ въ видѣ тумана. Воспользуемся случаемъ указать на полное согласіе выводовъ науки съ древнѣйшими преданіями человѣчества и съ фантазіей поэта. Мефистофель говоритъ о себѣ:

> Я часть той части, что вначалѣ все была,
> Той тьмы, что свѣтъ произвела—
> Свѣтъ, съ ночью-матерью посмѣвшій въ глупомъ чванствѣ
> О первенствѣ ужъ спорить, о пространствѣ!

Теорія эта близка и къ ученію Моисея, особенно если обратить вниманіе на то, что небомъ Моисей называетъ не видимый голубой куполъ, а вселенную, землею же и глубиною водъ, раздѣленныхъ Богомъ—матерію, въ ея первичномъ состояніи.

«Въ началѣ сотвори Богъ небо и землю. Земля же была невидима и неустроена и тьма царила надъ бездною и Духъ Божій носился надъ водою. И сказалъ Богъ: «да будетъ свѣтъ»: и былъ свѣтъ».

Но свѣтъ свѣтящагося туманообразнаго шара и юной огненно-расплавленной земли по ученію современной космогоніи не былъ еще свѣтомъ солнца и звѣздъ, время еще не раздѣлилось на дни и ночи, что произошло лишь по охлажденіи земли.

«И отдѣлилъ Богъ свѣтъ отъ тьмы. И назвалъ Богъ свѣтъ—днемъ, а тьму—ночью, и былъ вечеръ, и было утро—день первый».

Лишь позже, когда вода собралась въ моря, и земля обсохла, могли возникнуть растенія и животныя; такъ какъ они одинаково нуждаются и въ днѣ, и въ ночи.

Наша земля носитъ еще очевидные слѣды своего, когда то расплавленнаго состоянія. Гранитныя основы ея горъ имѣютъ строеніе, которое могло образоваться лишь при кристаллическомъ затвердѣваніи расплавленныхъ массъ. Изслѣдованіе температуры въ трещинахъ горъ и въ глубокихъ буровыхъ скважинахъ показываетъ, что съ глубиною температура возрастаетъ, и если это возрастаніе идетъ равномѣрно, то на глубинѣ 10 миль должна быть температура, достаточно высокая для того, чтобы расплавить всѣ горныя породы. До сихъ поръ продолжаются вулканическія изверженія расплавленныхъ массъ, свидѣтельствующихъ о раскаленномъ состояніи земного ядра; но остывшая кора земного шара уже достаточно толста, чтобы предохранить его поверхность отъ вліянія внутренней высокой температуры; сравнительно съ вліяніемъ солнца, оно ничтожно и повышаетъ температуру поверхности земли не болѣе, какъ на $^1/_{30}{}^0$. Такимъ образомъ, вліяніе той части первичнаго запаса дѣятельныхъ силъ природы, которая заключается внутри земли въ видѣ тепла, на явленія, происходящія на поверхности земли, ограничено вулканическими изверженіями. Эти явленія происходятъ почти исключительно подъ вліяніемъ другихъ небесныхъ тѣлъ, главнымъ образомъ подъ вліяніемъ тепла и свѣта солнца; нѣкоторыя же явленія на землѣ вызываются исключительно вліяніемъ притяженія солнца и луны.

Наиболѣе богата область явленій, зависящихъ отъ тепла и свѣта, которые мы получаемъ отъ солнца. Оно нагрѣваетъ нашу атмосферу неравномѣрно; нагрѣтые слои воздуха, расширяясь, поднимаются кверху и на ихъ мѣсто стремятся слои болѣе холодные. Это явленіе наиболѣе рѣзко у экватора; теплое теченіе распространяется отсюда до полюса, замѣняющій-же его потокъ свѣжаго воздуха образуетъ пассаты. Когда солнце остынетъ, вѣтры прекратятся. Та же причина вызываетъ морскія теченія, отъ направленія которыхъ зависитъ ихъ различное вліяніе на климатъ странъ: такъ, одно изъ нихъ приноситъ теплую воду Атлантическаго океана къ берегамъ Британіи и обусловливаетъ мягкость и однообразіе ея климата; тѣмъ же путемъ переносятся ледяныя массы и съ ними большіе холода къ берегамъ Ньюфаундленда. Нагрѣтая солнцемъ, часть воды испаряется, поднимается въ верхніе слои атмосферы, образуетъ туманы, которые сгущаются

въ облака и ниспадаютъ въ видѣ дождя и снѣга, которые снова собираются въ ручьи и рѣки и стекаютъ обратно въ моря, подточивъ по пути скалы, унося съ собою рыхлую землю и сдѣлавъ свое дѣло въ геологическихъ преобразованіяхъ земли. Исчезни теплота солнца и на землѣ останется лишь одно движеніе водныхъ массъ: приливы и отливы, зависящіе отъ притяженія солнца и луны.

Чѣмъ же объяснить способность передвиженія живыхъ существъ, и въ чемъ источникъ ихъ силы? Строителямъ автоматовъ люди и животныя казались механизмами, нуждающимися въ заводѣ, т. е. носящими въ себѣ источникъ двигательной силы; они не знали еще о зависимости, которая существуетъ между принятіемъ пищи и возстановленіемъ силъ. Но послѣ того, какъ мы познакомились съ источникомъ двигательной силы паровыхъ машинъ, приходится спросить, не происходитъ ли чего-либо подобнаго и у людей? Въ дѣйствительности, сохраненіе жизни находится въ прямой зависимости отъ пищи, которая, будучи переварена, продолжаетъ свою дѣятельность, переходя въ кровь и подвергаясь въ легкихъ медленному окисленію; продукты его почти тѣ же, что при горѣніи на открытомъ воздухѣ. А такъ какъ количество выдѣляющейся теплоты не зависитъ ни отъ хода, ни отъ продолжительности реакцій, то, зная количество принятой пищи, можно вычислить въ точности количество выдѣлившейся теплоты, а слѣдовательно и эквивалентное ему количество работы. Къ сожалѣнію затрудненія при производствѣ соотвѣтствующихъ опытовъ еще очень велики; однако сдѣланное до сихъ поръ вполнѣ подтверждаетъ это количественное отношеніе. Такимъ образомъ, живые организмы отличаются отъ паровыхъ машинъ не источниками двигательной силы, а цѣлями и способами ея примѣненія. Далѣе, они въ выборѣ горючаго матеріала болѣе ограничены, чѣмъ паровая машина. Послѣднія съ одинаковымъ успѣхомъ можетъ быть истоплена сахаромъ, крахмаломъ, масломъ или углемъ и дровами. Животный организмъ долженъ искусственно растворить свое топливо, распредѣлить его между различными органами; сверхъ того, онъ долженъ постоянно возобновлять легко утрачивающійся матеріалъ своихъ органовъ и, не имѣя возможности выработать нужныя для того вещества,—принимать ихъ извнѣ. Либихъ былъ первый, обратившій вниманіе на существенно различныя назначенія принятой пищи. Для возстановленія израсходованнаго матеріала могутъ служить, какъ оказалось, одни лишь бѣлковыя вещества, вырабатываемыя растеніями и составляющія повидимому главную составную часть животнаго организма. Но они представляютъ собою лишь незначительную часть пищи; бо́льшая часть состоитъ изъ

сахара, крахмала, жировъ — это топливо, при сгораніи котораго вырабатывается живая сила нашихъ органовъ и, можетъ быть, оно потому лишь не можетъ быть замѣнено углемъ, что послѣдній нерастворимъ.

Если процессы въ организованныхъ тѣлахъ въ этомъ отношеніи ничѣмъ не отличаются отъ неорганическихъ, то возникаетъ вопросъ: откуда доставляются имъ питательныя вещества, служащія для нихъ источникомъ силы?—Изъ царства растеній,—такъ какъ лишь растенія и мясо травоядныхъ животныхъ могутъ быть употребляемы въ пищу. Травоядныя представляютъ промежуточную ступень, посредствомъ которой плотоядныя, къ которымъ надо отнести и человѣка, получаютъ тотъ необходимый для питанія матеріалъ, котораго они непосредственно переварить не могутъ. Сѣно и трава содержатъ тѣ же питательныя вещества, что и рожь, но въ мѣньшемъ количествѣ. А такъ какъ пищеварительные органы человѣка не въ состояніи извлечь малаго количества цѣннаго матеріала изъ нерастворимой массы, то мы подвергаемъ его сперва обработкѣ со стороны могучихъ органовъ питанія рогатаго скота, предоставляемъ ему скопиться въ его мышцахъ, для того, чтобы затѣмъ воспользоваться имп въ болѣе пріятной и удобопереваримой формѣ. Такимъ образомъ, для разрѣшенія нашего вопроса, надо обратиться къ міру растеній. Изученіе органической жизни растеній указываетъ, что они живутъ на счетъ продуктовъ горѣнія, выдѣляемыхъ животными. Они вдыхаютъ изъ воздуха сгорѣвшій уголь въ видѣ углекислоты, сгорѣвшій водородъ—въ видѣ воды, азотъ въ его простѣйшихъ соединеніяхъ, напр. въ видѣ амміака, и вырабатываютъ изъ этихъ соединеній, при помощи немногихъ веществъ, получаемыхъ изъ почвы, питательныя вещества для царства животныхъ—бѣлокъ, сахаръ, крахмалъ и масла. Такимъ образомъ, мы пришли къ нѣкоторому круговороту, къ кажущемуся неизсякаемымъ источнику силъ. Растенія заготовляютъ горючія и питательныя вещества, животныя ихъ потребляютъ, перевариваютъ и подвергаютъ медленному окисленію, продукты котораго идутъ вновь на пищу растеній. Одни служатъ вѣчнымъ источникомъ химическихъ процессовъ, другія — механической силы. Можетъ быть совокупность двухъ органическихъ міровъ и дастъ искомое вѣчное движеніе? Но такого рода заключеніе было бы слишкомъ поспѣшнымъ. Дальнѣйшія изысканія показываютъ, что растенія способны вырабатывать горючія вещества лишь при содѣйствіи солнечныхъ лучей. Оказывается, что нѣкоторая часть солнечныхъ лучей обладаетъ особенною способностью вызывать химическія соединенія и разложенія; часть эта состоитъ преиму-

щественно изъ голубыхъ и фіолетовыхъ лучей, которыя носятъ названіе химическихъ. Мы пользуемся ими для фотографіи, подвергая соединенія серебра ихъ дѣйствію. Тѣ же солнечныя лучи преодолѣваютъ въ зеленыхъ листьяхъ растеній могучее химическое сродство содержащагося въ углекислотѣ угля къ кислороду, возвращаютъ послѣдній атмосферѣ и способствуютъ вступленію угля въ новыя соединенія, въ крахмалъ, древесину, смолы и масла́. Солнечный свѣтъ, падая на зеленыя части растеній, совершенно утрачиваетъ химическіе лучи; потому-то листья на фотографіяхъ выходятъ черными: исходящій изъ нихъ свѣтъ не содержитъ голубыхъ и фіолетовыхъ лучей и, слѣдовательно, лишенъ способности разлагать соединенія серебра. Кромѣ голубыхъ и фіолетовыхъ лучей, выдающуюся роль въ жизни растеній играютъ желтые; они также поглощаются листьями.

Такимъ образомъ, дѣятельная сила солнечныхъ лучей исчезаетъ въ то время, какъ въ растеніяхъ образуется и накапливается горючій матеріалъ, и мы можемъ считать весьма вѣроятнымъ, что это исчезновеніе является причиною послѣдняго. Надо замѣтить, что мы не имѣемъ еще опытовъ, подтверждающихъ эквивалентность живой силы изчезнувшихъ солнечныхъ лучей и накопившагося запаса химической силы, и пока ихъ нѣтъ, нельзя эту эквивалентность считать доказанной. Если это предположеніе подтвердится на опытѣ, то мы будемъ имѣть лестную для насъ увѣренность въ томъ, что источникъ жизни, которою живетъ и движется нашъ организмъ, заключается въ лучахъ солнца и что, слѣдовательно, въ благородствѣ происхожденія мы всѣ не уступаемъ китайскому императору, величающему себя сыномъ неба. Но то же эфирное происхожденіе раздѣляютъ съ нами и низшія существа, жабы и піявки, весь міръ растеній и даже топливо, скопившееся вѣками или вновь растущее, употребляемое для нашихъ печей и паровыхъ машинъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что все безконечное разнообразіе явленій, метеорологическихъ, климатическихъ, геологическихъ и органическихъ, зависитъ почти исключительно отъ освѣщающихъ и нагрѣвающихъ лучей солнца: это замѣчательный примѣръ того, до какого разнообразія могутъ достигать дѣйствія одного фактора природы, подъ вліяніемъ измѣняющихся внѣшнихъ условій. Но, кромѣ того, земля испытываетъ особыя вліянія центральнаго свѣтила — солнца и своего спутника, луны, проявляющіяся въ замѣчательныхъ явленіяхъ прилива и отлива.

Подъ вліяніемъ движенія каждаго изъ этихъ двухъ свѣтилъ, образуются на водахъ океановъ двѣ колоссальныя волны, дви-

жущіяся вокругъ земли по направленію кажущагося движенія свѣтилъ. Двѣ волны, образуемыя притяженіемъ луны, вслѣдствіе ея близости къ землѣ, въ $3^1/_2$ раза выше волнъ, образуемыхъ солнцемъ. Одна изъ этихъ волнъ достигаетъ наибольшей высоты на той четверти земнаго шара, которая обращена къ лунѣ, другая—на противоположной. Когда на этихъ двухъ четвертяхъ земной поверхности происходятъ приливы, то на двухъ промежуточныхъ наблюдаются отливы, и хотя въ открытомъ морѣ высота прилива едва достигаетъ трехъ футовъ, и лишь въ нѣкоторыхъ узкихъ каналахъ, стѣсняющихъ движеніе водъ — высоты 30 фут., то все-же сила явленія такъ велика, что по вычисленію Bessel'я, четверть земного шара, испытывающая приливъ, содержитъ воды на 200 куб. миль болѣе той, на которой происходитъ отливъ, т. е. такая громадная масса воды перемѣщается съ одной четверти земли на другую въ теченіи $6^1/_4$ часовъ.

По замѣчанію, сдѣланному Maier'омъ, явленія прилива и отлива находятся въ связи съ закономъ сохраненія силы и имѣютъ замѣчательное отношеніе къ вопросу о продолжительности существованія нашей планетной системы. По законамъ движенія небесныхъ тѣлъ, найденнымъ Ньютономъ, тѣло, движущееся вокругъ солнца въ пустотѣ, подъ вліяніемъ силы притяженія, должно совершать свое движеніе вѣчно. Но вокругъ солнца движутся многія тѣла, и результатомъ ихъ взаимодѣйствія являются нѣкоторыя измѣненія ихъ орбитъ. Лаплась въ своемъ большомъ трудѣ, озаглавленномъ «Небесная механика», доказалъ, что измѣненія эти періодичны, но не переходятъ нѣкоторыхъ предѣловъ и, слѣдовательно, не угрожаютъ существенными измѣненіями въ движеніи нашей планетной системы. Но, чтобы движеніе продолжалось вѣчно, необходимы два условія: абсолютная пустота пространства и твердое состояніе движущихся тѣлъ. Первое выполнено настолько, что въ предѣлахъ времени, доступныхъ изученію, не замѣчено измѣненій въ движеніи планетъ, что несомнѣнно случилось бы при существованіи сопротивляющейся среды. Однако наблюдаются измѣненія въ путяхъ, описываемыхъ малыми тѣлами; такъ комета Энке описываетъ все мѣньшіе и мѣньшіе эллипсы вокругъ солнца.

Если это замедленіе зависитъ отъ присутствія сопротивляющейся среды, то несомнѣнно настанетъ время, когда эта комета упадетъ на солнце; вѣроятно та же участь постигнетъ и планеты, но лишь черезъ промежутокъ времени, о которомъ мы не можемъ составить себѣ представленія. И если бы существованіе противодѣйствующей среды въ пространствѣ казалось намъ сомнитель-

нымъ, то все же несомнѣнно то, что планеты не состоятъ исключительно изъ неизмѣнно связанныхъ между собою частицъ. Признаки атмосферъ найдены на солнцѣ, Венерѣ, Марсѣ, Юпитерѣ и Сатурнѣ; признаки воды и льда—на Марсѣ; что касается земли, то бо́льшая часть ея поверхности покрыта водой и можетъ быть еще большая часть ея массы находится въ расплавленномъ состояніи. Явленіе прилива и отлива въ моряхъ и атмосферахъ сопровождается треніемъ; каждое треніе происходитъ на счетъ живой силы и въ данномъ случаѣ утрата можетъ происходить лишь на счетъ живой силы движенія планеты. Мы приходимъ, такимъ образомъ, къ заключенію, что приливы и отливы, хотя и весьма медленно, но непрестанно и неотвратимо истощаютъ запасъ механической силы солнечной системы, а слѣдовательно, замедляютъ вращательное движеніе соотвѣтственныхъ планетъ вокругъ оси. Замедленіе въ движеніи земли доказано новѣйшими изслѣдованіями движенія луны, произведенными Hansen'омъ, Adams'омъ и Delaunay. По вычисленію Hansen'a звѣздныя сутки со времени Гиппарха увеличились на $^1/_{81}$ секунды, а продолжительность столѣтія на $^1/_8$ часа. По вычисленіямъ Adams'a и Thomson'a, замедленіе движенія оказалось почти вдвое больше. Правильные часы черезъ сто лѣтъ идутъ впередъ на 22 секунды. Лаплась отрицалъ подобное измѣненіе въ движеніи земли, но чтобы замѣтить его, нужно было болѣе точное изученіе движенія луны, чѣмъ это было возможно въ его время. Конечнымъ результатомъ замедленія вращательнаго движенія земли (но лишь черезъ многія тысячелѣтія и то если до тѣхъ поръ не произойдетъ замерзанія морей), будетъ прекращеніе этого движенія, причемъ одна половина земли обратится къ солнцу, и будетъ освѣщена и, слѣдовательно, пользоваться вѣчнымъ днемъ, другая же погрузится въ вѣчную тьму. Таково положеніе луны относительно земли, и другихъ спутниковъ относительно ихъ планетъ. Возможно, что оно есть результатъ приливовъ и отливовъ, происходившихъ на этихъ свѣтилахъ, когда они находились въ огненно-расплавленномъ состояніи.

Я бы не сталъ говорить здѣсь объ этихъ выводахъ, если бы за ними не было полной достовѣрности. Физико-механическіе законы служатъ телескопами для нашихъ духовныхъ очей, посредствомъ которыхъ они проникаютъ въ тьму прошедшаго и будущаго.

Другой существенный вопросъ будущаго нашей планетной системы есть вопросъ о ея температурѣ и освѣщеніи. Такъ какъ внутренняя температура земного шара не вліяетъ на его поверх-

пость, то степень нагрѣтости зависитъ исключительно отъ лучей, посылаемыхъ ему солнцемъ.

Можно измѣрить количество тепла, падающее на нѣкоторую площадь земли въ опредѣленный промежутокъ времени, а слѣдовательно, и количество тепла, утрачиваемое солнцемъ. Вычисленія эти сдѣланы французскимъ физикомъ Pouillet; оказалось, что солнце ежечасно теряетъ количество тепла, равное тому, которое выдѣлилось бы при сгораніи слоя угля, толщиною въ 10 фут. и, слѣдовательно, въ теченіи года—количество теплоты, выдѣляемое слоемъ угля приблизительно въ $3^1/_2$ мили толщины. Предполагая равномѣрность истеченія тепла, мы находимъ, что потеря его въ вышеприведенныхъ размѣрахъ ежегодно понижала бы температуру солнца на $1^1/_4{}^0$, полагая теплоемкость его равной теплоемкости воды. Эти данныя даютъ возможность судить о потерѣ тепла по отношенію къ поверхности и объему солнца но они ничего не говорятъ о томъ, происходитъ-ли она на счетъ первичнаго запаса дѣятельныхъ силъ солнечной массы, или пополняется химическими процессами, происходящими на его поверхности. Во всякомъ случаѣ, по закону сохраненія силы, ни одинъ изъ процессовъ, аналогичныхъ тѣмъ, которые происходятъ на землѣ, не можетъ служить неизсякаемымъ источникомъ тепла и свѣта; но съ другой стороны тотъ-же законъ учитъ насъ, что запасъ силы, имѣющійся на лицо, и существующій уже въ видѣ тепла, или могущій перейти въ него, достаточно великъ, чтобы обезпечить солнечную систему на неизмѣримо, большой промежутокъ времени. О запасѣ химической силы солнца мы ничего опредѣленнаго не знаемъ, и о количествѣ тепла, въ немъ скрытомъ, можемъ судить лишь гадательно. Но, присоединяясь къ весьма вѣроятному мнѣнію, что найденная астрономами поразительно малая, для столь большого тѣла какъ солнце, плотность, есть слѣдствіе его высокой температуры, и что со временемъ она можетъ увеличиться, мы можемъ вычислить, что сгущенію солнечной массы, въ результатѣ котораго получилось бы уменьшеніе его діаметра на $^1/_{10000}$, соотвѣтствуетъ выдѣленіе количества тепла, достаточнаго для покрытія его убыли за 2100 лѣтъ. Столь малое измѣненіе діаметра могло бы быть замѣчено лишь при наиболѣе точныхъ наблюденіяхъ и то съ величайшимъ трудомъ.

На дѣлѣ температура поверхности земли лишь незначительно понизилась за то время, о которомъ мы имѣемъ историческія свѣдѣнія, т.-е., приблизительно за 4000 лѣтъ. Не сохранились, конечно, измѣренія термометромъ, но есть данныя о распространеніи нѣкоторыхъ растеній, напримѣръ, винограда и маслины, весьма

чувствительныхъ къ колебаніямъ средней годичной температуры. Оказывается, что во времена Авраама и Гомера растенія эти разводились приблизительно въ тѣхъ же странахъ, какъ и теперь, откуда мы заключаемъ о постоянствѣ климатическихъ условій этихъ мѣстностей.

Какъ на противорѣчіе этому, указывали на то, что въ былое время нѣмецкіе рыцари выдѣлывали и пили въ Пруссіи вино, какого теперь уже нѣтъ, заключая отсюда, что съ тѣхъ поръ стало холоднѣе; но на это возражалъ уже *Dove* выдержками изъ старинныхъ хроникъ: онѣ свидѣтельствуютъ о томъ, что въ нѣкоторые особенно теплые годы, мѣстная виноградная лоза утрачивала свою обычную кислоту, и, такимъ образомъ, дѣло идетъ здѣсь объ измѣненіи, не климатическихъ условій, но вкусовъ у нѣмцевъ.

Но хотя запасъ механической силы нашей планетной системы такъ великъ, что расходованіе его въ теченіе многихъ вѣковъ существованія рода человѣческаго не причинило замѣтной убыли; хотя мы не въ состояніи обнять періода времени, необходимаго для того, чтобы эти измѣненія стали замѣтными,—однако неумолимые законы механики свидѣтельствуютъ о томъ, что все же настанетъ время, когда запасъ силы, убывая постоянно и никогда не пополняясь, истощится. Должно-ли это насъ пугать? Мы имѣемъ обыкновеніе судить о мудрости и величіи мірозданія по той продолжительности и тому счастью, которое оно обезпечиваетъ человѣчеству. Но изученіе прошлаго земного шара приводитъ къ заключенію, что все существованіе человѣческаго рода есть лишь краткій эпизодъ его исторіи. Глиняные сосуды вендовъ, мечи римлянъ вызываютъ представленіе о глубокой древности; съ молчаливымъ изумленіемъ осматриваемъ мы памятники Египта и Ассиріи, хранящіеся въ европейскихъ музеяхъ, и отказываемся отъ возможности составить себѣ представленіе о столь отдаленной эпохѣ; а между тѣмъ и пирамиды и Ниневія могли быть построены лишь послѣ многихъ тысячелѣтій жизни человѣчества. Мы принисываемъ исторіи человѣчества давность 6,000 лѣтъ, и какъ ни великъ этотъ періодъ времени, онъ все же ничтожно малъ сравнительно съ той эпохой, когда земля носила роскошную и богатую, вымершую теперь породу растеній и животныхъ, когда на нашей родинѣ зеленѣло янтарное дерево, роняя въ почву и воды свою драгоцѣнную смолу; когда въ Сибири, Европѣ и Сѣв. Америкѣ росли тропическія пальмы и селились гигантскія ящерицы и слоны, остатки которыхъ, до сихъ поръ сохраняются почвою. Многіе геологи, исходя изъ различныхъ соображеній, опредѣляли продолжительность этой промежуточной эпохи періодомъ отъ 1

до 9 мил. лѣтъ. Но періодъ возникновенія на землѣ органической жизни ничтожно малъ сравнительно съ тѣмъ временемъ, въ теченіе котораго земля находилась въ расплавленномъ состояніи. Изъ опытовъ Bischoffa, произведенныхъ надъ расплавленнымъ базальтомъ, слѣдуетъ, что на охлажденіе земли отъ 2000° до 200° потребовалось около 350 мил. лѣтъ, и наши догадки окончательно теряются передъ опредѣленіемъ времени, потребовавшагося для образованія планетной системы изъ первоначальной туманообразной массы. Исторія человѣчества является до сихъ поръ лишь короткой волной океана временъ. Въ теченіе гораздо большаго ряда тысячелѣтій, чѣмъ тотъ, который пережилъ родъ человѣческій, все въ мірѣ обѣщаетъ остаться неизмѣннымъ и сулитъ жизнь множествамъ поколѣній. Но еще продолжается дѣятельность силы вѣтровъ, водъ и подземныхъ изверженій, которыя вызвали когда-то геологическіе перевороты и погребли длинный рядъ органическихъ жизней. Они скорѣе могутъ призвать послѣдній день человѣчества, чѣмъ отдаленныя космическія измѣненія, и принудить насъ уступить мѣсто другимъ, болѣе совершеннымъ формамъ, какъ и намъ въ свое время уступили его мамонты и гигантскія ящерицы.

Такимъ образомъ, нить, которая началась отъ искателей вѣчнаго движенія, привела насъ къ открытію общаго закона природы, освѣтившаго давно прошедшее и далекое будущее исторіи вселенной. Онъ обѣщаетъ человѣческому роду долгое, хотя не вѣчное существованіе, и угрожаетъ ему днемъ суда, наступленіе котораго, къ счастію, отъ насъ сокрыто. Человѣчество, какъ и отдѣльная личность, должно примириться съ мыслью о смерти и утѣшиться тѣмъ, что на него возложены высшія, духовныя задачи, въ исполненіи которыхъ заключается его назначеніе.

ДОБАВЛЕНІЕ.

Я долженъ еще указать на способъ вычисленія количества тепла, которое, по принятой гипотезѣ, должно было выдѣлиться при сгущеніи туманообразнаго вещества, разсѣяннаго въ пространствѣ, въ уплотненную массу, и при образованіи изъ него нашей планетной системы. Остальныя вычисленія, данными которыхъ я пользовался, находятся частью у R. Mayer'a и Joule'я, частью они легко получаются извѣстными научными методами изъ установленныхъ наукою фактовъ.

За мѣру работы сгущенія нѣкотораго вещества изъ состоянія безконечно малой плотности принятъ потенціалъ сгущенныхъ массъ самихъ на себя. Этотъ потенціалъ V имѣетъ для однороднаго шара массы M, радіуса R, если принять массу земли равною m, радіусъ ея $= r$, ускореніе силы тяжести у поверхности земли $= g$, слѣдующее значеніе:

$$V = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M^2}{R \cdot m} \cdot g.$$

Принимая планеты нашей системы за тѣла шарообразныя, находимъ, что работа уплотненія выражается суммою ихъ потенціаловъ самихъ на себя. Но такъ какъ потенціалы различныхъ планетъ пропорціональны величинѣ $\frac{M^2}{R}$, то они оказываются весьма малыми сравнительно съ величиною потенціала солнца; величина потенціала́ наибольшей изъ планетъ, Юпитера, составляетъ лишь $\frac{1}{100000}$ потенціала солнца; вотъ почему въ вычисленіяхъ мы можемъ ограничиться послѣднимъ.

Чтобы повысить температуру нѣкоторой массы M, теплоемкость которой σ, на t^0, потребно количество тепла $= M \sigma t$; оно

эквивалентно работѣ $AgM\sigma t$, гдѣ Ag есть механическій эквивалентъ единицы тепла.

Чтобы найти повышеніе температуры, вызванное уплотненіемъ массы солнца, полагаемъ.

$$AgM\sigma t = V, \text{ тогда}$$

$$t = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2.M}{A.R.m.\sigma}.$$

Для массы воды, равной массѣ солнца, имѣемъ $\sigma = 1$; подставляя значенія величинъ A, M, R, m и r, получаемъ

$$t = 28611000^0 \text{ C.}$$

Масса солнца въ 738 разъ болѣе массы остальныхъ планетъ вмѣстѣ взятыхъ; приравнивая массу воды массѣ всей системы, мы должны умножить t на $\frac{738}{739}$, что очень мало измѣнитъ его величину.

Измѣненіе температуры, вызванное сжатіемъ шаровидной массы радіуса R_0 до радіуса R_1, выразится слѣдующимъ образомъ:

$$\vartheta = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{A.m\sigma} \left\{ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0} \right\} =$$

$$= \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{AR_1 m\sigma} \left\{ 1 - \frac{R_1}{R_0} \right\}.$$

Считая, что вещество въ первоначальномъ состояніи занимало объемъ шара не безконечно большаго радіуса, а приблизительно равнаго радіусу орбиты Нептуна, т. е. въ 6000 разъ большему радіуса солнца, получаемъ, что $\frac{R_1}{R_0} = \frac{1}{6000}$.

На такую сравнительно незначительную величину пришлось бы уменьшить выше найденное значеніе t.

Изъ тѣхъ же формулъ вытекаетъ, что уменьшеніе радіуса солнца на $\frac{1}{10000}$ можетъ служить источникомъ работы эквивалентной количеству тепла, потребнаго для нагрѣванія массы воды, равной массѣ солнца, на 2861^0. А такъ какъ по Pouillet ежегодно утрачивается количество тепла, эквивалентное нагрѣванію такой массы воды на $1^1/_4{}^0$, то отсюда слѣдуетъ, что сжатіе солнца на $\frac{1}{10000}$ его радіуса достаточно для покрытія расхода тепла на 2289 лѣтъ.

Если плотность солнца не равномѣрна, если, какъ представляется вѣроятнымъ, плотность увеличивается къ центру, то потенціалъ его массы и количество выдѣляемаго имъ тепла должны быть еще больше.

Изъ вычисленныхъ значеній механической силы слѣдуетъ, что живая сила вращенія небесныхъ тѣлъ вокругъ ихъ оси ничтожно мала сравнительно съ остальными величинами, и что ею можно пренебречь; живая сила вращенія вокругъ солнца и работоспособность притягательной силы его, если μ — масса какой либо планеты, и ρ — разстояніе ея отъ солнца, выражаются формулою:

$$L = \frac{gr^2 M\mu}{m}\left\{\frac{1}{R} - \frac{1}{2\rho}\right\}.$$

Отбрасывая $\frac{1}{2\rho}$, какъ величину весьма малую сравнительно съ $\frac{1}{R}$, и раздѣливъ на найденное значеніе V, получаемъ:

$$\frac{L}{V} = \frac{5}{3}\frac{\mu}{M}.$$

Масса всѣхъ планетъ, вмѣстѣ взятыхъ, составляетъ $\frac{1}{738}$ массы солнца; слѣдовательно значеніе L для всей системы:

$$L = \frac{1}{443}V.$$

Добавленіе (1883). Пользуясь новыми опредѣленіями массъ планетъ и солнца, и разстоянія солнца отъ земли, получаемъ для ежегоднаго пониженія температуры, вмѣсто $1^1/_4{}^0$ C, приведеннаго выше, число $1{,}96^0$ C и для полнаго повышенія температуры t число 26845000^0C.

О СОХРАНЕНІИ СИЛЫ.

Глубокочтимое собраніе!

Рѣшившись прочесть вамъ рядъ лекцій, я считаю своею главнѣйшею задачею, на сколько съумѣю, разъяснить, на подходящемъ примѣрѣ, характеръ, свойственный тѣмъ наукамъ, изученію которыхъ я себя посвятилъ. Въ теченіе послѣднихъ четырехъ столѣтій естественныя науки, частію вслѣдствіе практическихъ примѣненій ихъ выводовъ, частію вслѣдствіе ихъ нравственнаго вліянія, такъ сильно и съ такою возрастающею быстротою преобразовали жизнь цивилизованныхъ націй, такъ увеличили богатство, возможность наслаждаться жизнью и обезпечить здоровье, такъ расширили средства торговыхъ и общественныхъ сношеній и даже политическое могущество націй, что всякій образованный человѣкъ, стремящійся познать силы, управляющія міромъ, въ которомъ онъ живетъ, если онъ и не можетъ углубиться въ изученіе спеціальныхъ вопросовъ, все-же долженъ интересоваться методами той умственной работы, которая дѣйствуетъ и творитъ въ этихъ наукахъ.

Мнѣ уже однажды пришлось разъяснить характерное различіе научныхъ методовъ, употребляемыхъ при разработкѣ естественныхъ и психологическихъ наукъ. Я старался доказать, что это различіе обусловливается главнымъ образомъ вездѣ обнаруживающеюся и сравнительно легко доказываемою закономѣрностью естественныхъ явленій. Я не хочу этимъ сказать, что отрицаю присутствіе закономѣрности въ явленіяхъ психической жизни индивидуумовъ и народовъ, поскольку они составляютъ предметъ философскихъ, филологическихъ, историческихъ, нравственныхъ и соціальныхъ наукъ. Но въ духовной жизни совокупность взаимно переплетающихся вліяній такъ сложна, что лишь весьма

рѣдко оказывается возможнымъ опредѣленно и ясно указать на ихъ законы. Въ природѣ какъ разъ наоборотъ. Для многихъ весьма обширныхъ группъ естественныхъ явленій удалось такъ точно и полно отыскать законы, по которымъ они возникаютъ и происходятъ, что мы съ величайшею точностью можемъ предсказать ихъ возникновеніе, а тамъ, гдѣ имѣемъ власть надъ причинами, обусловливающими ихъ появленіе, можемъ заставить ихъ происходить по нашему желанію. Величайшимъ примѣромъ того, въ какой мѣрѣ человѣческій разумъ можетъ воспользоваться хорошо изученнымъ закономъ естественныхъ явленій, служитъ современная астрономія. Простой законъ тяготѣнія управляетъ движеніями небесныхъ тѣлъ не только нашей планетной системы, но также чрезвычайно удаленныхъ отъ насъ двойныхъ звѣздъ, съ которыхъ даже скорѣйшій изъ всѣхъ вѣстниковъ, свѣтовой лучъ, долженъ мчаться цѣлые годы, прежде чѣмъ достигнетъ нашего глаза; вотъ эта-то простота закона и позволяетъ вычислить движеніе названныхъ тѣлъ, несмотря на сложность выкладокъ, съ точностью до нѣкоторой доли минуты, за цѣлые прошедшіе и послѣдующіе года и даже столѣтія. На этой полной законности покоится та увѣренность, съ которою мы можемъ покорять буйную силу пара, превращая его въ покорнаго раба служащаго нашимъ потребностямъ. Далѣе, эта же законность возбуждаетъ главнымъ образомъ тотъ интересъ, который приковываетъ естествоиспытателя къ его предмету. Это интересъ отличный отъ того, который возбуждается психологическими науками. Къ послѣднимъ насъ привлекаетъ человѣкъ, изучаемый въ различныхъ направленіяхъ его духовной дѣятельности. Всякій подвигъ, о которомъ повѣствуетъ намъ исторія, всякая сильная страсть, которую изображаетъ намъ искусство, всякое описаніе обычаевъ, государственнаго устройства, культуры отдаленныхъ отъ насъ, или древнихъ народовъ, захватываетъ и интересуетъ насъ, даже если мы знакомимся съ ними и безъ научной послѣдовательности. Мы во всякомъ случаѣ находимъ въ нихъ связь и аналогію съ нашими собственными представленіями и чувствами; мы научаемся распознавать тѣ сокровенныя способности и движенія нашей собственной души, которыя не проявляются при обыкновенномъ спокойномъ ходѣ жизни цивилизованнаго народа. Нельзя отрицать, что естественныя науки не представляютъ интереса подобнаго рода. Всякій отдѣльный фактъ, взятый самъ по себѣ, конечно, можетъ возбудить наше любопытство и изумленіе или быть намъ полезнымъ въ практическомъ отношеніи. Но умственное удовлетвореніе доставляетъ только совокупность явленій, когда открыты связующіе ихъ законы. Мы

называемъ разумомъ присущую намъ способность открывать и разумно примѣнять законы. Для примѣненія силъ, свойственныхъ чистому разуму, во всей ихъ опредѣленности и обширности, едва ли найдется болѣе подходящее поприще, нежели естествовѣдѣніе въ широкомъ смыслѣ слова, включая сюда и математику. И за эту работу насъ вознаграждаетъ не только радость, которую мы чувствуемъ при успѣшной дѣятельности одной изъ главныхъ нашихъ душевныхъ способностей и при побѣдоносномъ подчиненіи, частью чуждаго, частью враждебнаго намъ внѣшняго міра подъ власть нашей мысли и воли; появляется, кромѣ того, такъ сказать, нѣчто вродѣ художественнаго удовлетворенія, когда мы доходимъ до возможности обозрѣвать неизмѣримое богатство природы, какъ нѣчто цѣлое, распредѣленное по извѣстному закону, какъ космосъ, какъ отраженіе логическаго мышленія нашего собственнаго разума.

Послѣдніе десятки лѣтъ развитія естественныхъ наукъ привели насъ къ познанію новаго общаго закона всѣхъ естественныхъ явленій. Вслѣдствіе своей необыкновенно широкой приложимости и вслѣдствіе той связи, которую онъ указываетъ между естественными явленіями всѣхъ родовъ, и даже отдаленнѣйшихъ временъ и мѣстъ, этотъ законъ особенно удобенъ для того, чтобы дать вамъ понятіе о выше описанныхъ свойствахъ естественныхъ наукъ; поэтому я его и выбралъ предметомъ сегодняшняго чтенія.

Этотъ законъ называется **закономъ сохраненія силы** [1]); смыслъ этого названія мнѣ еще предстоитъ объяснить. Онъ не абсолютно новъ; для ограниченной области явленій онъ былъ уже высказанъ въ прошломъ вѣкѣ Ньютономъ и Bernoulli; важныя его приложенія въ ученіи о теплотѣ открыли Rumford и Humphrey Davy. Возможность всеобщей его примѣнимости впервые высказалъ нѣмецъ, врачъ J. R. Maier (теперь живущій въ Гейльбронѣ) въ 1842 году [2]); почти одновременно, но совершенно независимо отъ него, англійскій техникъ James Prescott Joule въ Манчестерѣ произвелъ рядъ важныхъ и сложныхъ опытовъ для опредѣленія отношенія теплоты къ механическимъ силамъ, и тѣмъ наполнилъ главный пробѣлъ въ новой теоріи: отсутствіе опытныхъ подтвержденій ея основныхъ положеній.

---

[1]) Въ настоящее время этотъ законъ называется **закономъ сохраненія энергіи**. Принято болѣе строго отличать термины: сила, работа и энергія; послѣдняя опредѣляется тою работою, которую разсматриваемая система тѣлъ или отдѣльное тѣло могутъ совершить. *О. Х.*

[2]) «Замѣтки о силахъ неодушевленной природы» въ «Liebig's Annalen», XLII; дальнѣйшее изложеніе въ статьѣ «Органическое движеніе въ зависимости отъ обмѣна матеріи», Heilbronn 1845; «Приложенія къ динамикѣ неба», тамъ же 1848.

Законъ, о которомъ мы говоримъ, гласитъ, что количество силы [1]) находящейся во всей природѣ и способной дѣйствовать, остается постояннымъ и не можетъ быть ни увеличено, ни уменьшено. Моею первою задачею будетъ разъяснить вамъ, что̀ надо понимать подъ терминомъ «количесто силы», или какъ его чаще обозначаютъ по отношенію къ его техническому употребленію «величина работы».

Понятіе о работѣ машины или естественнаго процесса взято изъ сравненія ихъ съ дѣятельностью человѣка, и потому, изучая работу человѣка, мы яснѣе всего поймемъ, о чемъ здѣсь идетъ рѣчь. Когда мы говоримъ о работѣ машинъ или силъ природы, то мы, конечно, не должны при этомъ сравненіи обращать вниманіе на то, что въ работѣ человѣка относится къ дѣятельности его интеллекта. Человѣкъ способенъ также къ суровой и усиленной работѣ мышленія, которая утомительна не менѣе мускульной работы. Но все то, что въ работѣ машины является результатомъ дѣятельности человѣческаго ума, принадлежитъ, конечно, генію ихъ изобрѣтателя и не можетъ причисляться къ работѣ самаго прибора.

Внѣшняя работа человѣка весьма разнообразна, смотря по силѣ или легкости, по формѣ и быстротѣ сопровождающихъ ее движеній, и смотря по потребнымъ при ея выполненіи инструментамъ. Но и рука кузнеца, сыплящаго тяжелыя удары могучимъ молотомъ, и рука скрипача, умѣющаго вызывать малѣйшія измѣненія звука, и рука швеи, производящей тонкую работу едва видимыми нитками, — всѣ онѣ заимствуютъ приводящую въ движеніе силу одинаковымъ образомъ и у одного и того же органа,—именно у мышцъ, расположенныхъ въ рукѣ. Рука съ онѣмѣлыми мышцами не способна къ совершенію работы; въ ней должна дѣйствовать двигательная сила мышцъ, а послѣдніе должны повиноваться импульсу идущихъ отъ мозга нервовъ; въ этомъ только случаѣ рука способна къ разнообразнѣйшимъ движеніямъ, можетъ управлять различными инструментами и производить разнообразныя работы.

То же самое относится и къ машинамъ. Онѣ употребляются нами для различныхъ работъ; ими мы вызываемъ безконечное разнообразіе движеній съ различной степенью силы или быстроты, начиная отъ могучихъ молотовъ и валовъ, которыми мы или разрѣзаемъ или формируемъ, какъ воскъ, огромныя массы желѣза,

---

[1]) Вмѣсто «количество силы» теперь говорятъ «количество энергіи».
О. Х.

и кончая ткацкими и прядильными машинами, дающими ткань, которая можетъ поспорить съ паутиной. Современная техника обладаетъ богатѣйшимъ выборомъ способовъ переносить движеніе вертящихся колесъ на другія колеса съ увеличенной или уменьшенной скоростью; или переводить вращательное движеніе колесъ въ колебательное движеніе рукоятки поршня, ткацкаго челнока, падающаго молота, толкача и т. д. и наоборотъ; или преобразовывать равномѣрное движеніе въ движеніе съ перемѣнной скоростью и т. д. Отсюда и получается возможность примѣнять машины ко всѣмъ чрезвычайно разнообразнымъ отраслямъ промышленности. Но, не смотря на все разнообразіе машинъ, у нихъ есть одно общее свойство: всѣ онѣ требуютъ д в и ж у щ о й силы, которая ихъ приводитъ въ движеніе и поддерживаетъ это движеніе, подобно тому, какъ всякая работа человѣческой руки требуетъ движущей силы мускуловъ.

Но, какъ работа кузнеца требуетъ гораздо большаго и сильнѣйшаго напряженія мышцъ, чѣмъ работа скрипача, такъ и въ машинахъ существуетъ подобная же разница въ величинѣ и интенсивности силы, потребной для приведенія ихъ въ движеніе. Эту разницу, которая соотвѣтствуетъ различной степени напряженія мышцъ при работѣ человѣка, и надо подразумѣвать, говоря о количествѣ работы, произведенной машиной. Такимъ образомъ, вводя это понятіе, мы не принимаемъ въ разсчетъ всего разнообразія въ дѣйствіяхъ машинъ; мы имѣемъ въ виду только затрату силы.

Весьма употребительный терминъ «затрата силы», обозначающій, что сила, которою мы пользовались, была израсходована, утеряна, приводитъ насъ къ дальнѣйшей и характерной аналогіи между примѣненіями человѣческой руки и машины. Чѣмъ сильнѣе напряженіе и чѣмъ болѣе его продолжительность, тѣмъ болѣе у с т а е т ъ человѣческая рука, тѣмъ п о л н ѣ е в р е м е н н о и с т о щ а е т с я з а п а с ъ о я д в и г а т е л ь н о й с и л ы. Мы увидимъ, что это свойство, исчерпываться при производствѣ работы, принадлежитъ также дѣйствующимъ силамъ неорганической природы, такъ что способность человѣческой руки уставать отъ работы есть одно изъ слѣдствій того всеобщаго закона, съ которымъ мы имѣемъ дѣло. Съ наступленіемъ усталости въ нашихъ мышцахъ является необходимость въ возстановленіи утраченнаго. Мы его находимъ въ спокойствіи и въ пищѣ; когда силы неорганической природы утрачиваютъ способность дѣйствовать, мы также найдемъ возможность ихъ возстановленія, но должны будемъ примѣнять другія средства, чѣмъ для руки человѣка.

На основаніи ощущенія напряженія и усталости нашихъ мышцъ мы можемъ себѣ составить вообще представленіе о томъ, что надо понимать подъ величиной работы; но прежде всего мы должны, вмѣсто основаннаго на сравненіяхъ неяснаго опредѣленія, дать ясное и твердое понятіе о мѣрѣ, которою будемъ измѣрять величину рабочей силы.

Для этого лучше обратиться къ простѣйшимъ неорганическимъ дѣйствующимъ силамъ, чѣмъ къ дѣятельности нашихъ мышцъ, которыя представляютъ чрезвычайно сложный аппаратъ, приспособленный для весьма разнообразныхъ отправленій.

Допустимъ, что двигательной силой служитъ простѣйшая и наиболѣе намъ извѣстная сила — тяжесть. Она дѣйствуетъ напр. въ тѣхъ стѣнныхъ часахъ, которые приводятся въ движеніе гирею. Эта гиря, прикрѣпленная къ цѣпи, которая намотана на блокъ, соединенный съ первымъ зубчатымъ колесомъ часоваго механизма, не можетъ двигаться подъ вліяніемъ силы тяжести, не приводя въ движеніе весь часовой механизмъ. Но я прошу васъ обратить вниманіе на слѣдующее обстоятельство: гиря можетъ приводить въ движеніе часы не иначе, какъ опускаясь все ниже и ниже. Если бы она не двигалась сама, то не могла бы приводить часовъ въ движеніе, а ея движеніе при этомъ можетъ быть только такимъ, какое обусловливается дѣйствіемъ тяжести. Такимъ образомъ, въ дѣйствующихъ часахъ гиря опускается, пока не размотается цѣпь; тогда часы останавливаются и способность гири къ дѣятельности исчерпана. Тяжесть гири не потерялась, не уменьшилась; какъ сначала, такъ и теперь гиря съ одинаковой силой притягивается землею, но способность гири приводить въ движеніе часовой механизмъ потеряна; тяжесть удерживаетъ лишь гирю на той точкѣ, гдѣ она остановилась, но заставить ее двигаться далѣе она не можетъ.

Но мы можемъ завести часы силою нашей руки, снова поднимая гирю. Когда мы это сдѣлаемъ, то гиря снова получитъ свою первоначальную работоспособность и можетъ снова привости часы въ движеніе.

Отсюда мы видимъ, что поднятая гиря обладаетъ двигательной силой и что она непремѣнно должна опускаться, когда эта двигательная сила дѣйствуетъ; вслѣдствіе этого двигательная сила исчерпывается, но, при помощи посторонней двигательной силы, именно силы нашей руки, способность ея дѣйствовать можетъ быть снова возстановлена.

Работа, которую совершаетъ гиря идущихъ часовъ, конечно, не велика. Она должна постоянно преодолѣвать небольшое сопро-

тивленіе, которое оказываютъ движенію колесъ треніе осей и зубцовъ и воздухъ; кромѣ того часть силы затрачивается на небольшіе толчки и звуковыя колебанія, производимые маятникомъ при каждомъ колебаніи. Если снять гирю, то, конечно, маятникъ будетъ качаться еще нѣкоторое время, прежде, чѣмъ онъ остановится; но его движеніе при этомъ постепенно ослабѣваетъ и наконецъ совершенно прекращается, поглощаясь вышеупомянутыми сопротивленіями. Поэтому-то и необходима, хотя малая, но постоянно дѣйствующая сила, чтобы поддержать движеніе часоваго механизма. Эту силу и доставляетъ вѣсъ гири.

Кромѣ того изъ нашего примѣра легко вытекаетъ мѣра величины работы. Пусть нѣкоторые часы приводятся въ движеніе однофунтовой гирей, которая за 24 часа опускается на 5 футовъ. Если вы повѣсите 10 часовъ такой же конструкціи, съ 1 фунт. гирей каждые, то эти десять часовъ будутъ приводиться въ движеніе въ продолженіи 24 часовъ; и такъ какъ каждые должны побороть одно и то-же сопротивленіе въ одно и то-же время, то при этомъ будетъ совершена удесятиренная работа, причемъ 10 фунтовъ опустятся на 5 футовъ. Отсюда мы заключаемъ, что, при одинаковой высотѣ паденія, работа увеличивается пропорціонально вѣсу.

Если же мы такъ удлинимъ цѣпь, что гири будутъ опускаться на 10 фт., то и часы будутъ идти уже не день, а два, и, при удвоенной высотѣ паденія, гиря и на другой день будетъ преодолѣвать еще разъ то-же самое сопротивленіе, какъ и въ первый, такъ что въ общемъ совершитъ работу вдвое большую той, которую она совершила, опускаясь на 5 фут. Значитъ, при той же самой тяжести, работа растетъ пропорціонально высотѣ паденія. Отсюда слѣдуетъ, что за мѣру работы мы должны принять, по-крайней мѣрѣ въ этомъ случаѣ, произведеніе вѣса на высоту паденія. На самомъ дѣлѣ примѣненіе такой мѣры не ограничивается однимъ этимъ случаемъ, но вообще всѣ техники за единицу при измѣреніи величины работы [1]) принимаютъ фунто-футъ, т. е. работу, которую можетъ совершить фунтъ, поднятый на 1 футъ. Мы можемъ на самомъ дѣлѣ примѣнить эту мѣру работы ко всевозможнымъ сортамъ машинъ, ибо всѣ онѣ могутъ приводиться въ движеніе соотвѣтственной гирей, дѣйствующей непосредственно на нѣкоторый валъ. Такимъ образомъ величину двигательной силы для любой машины мы всегда можемъ выразить

---

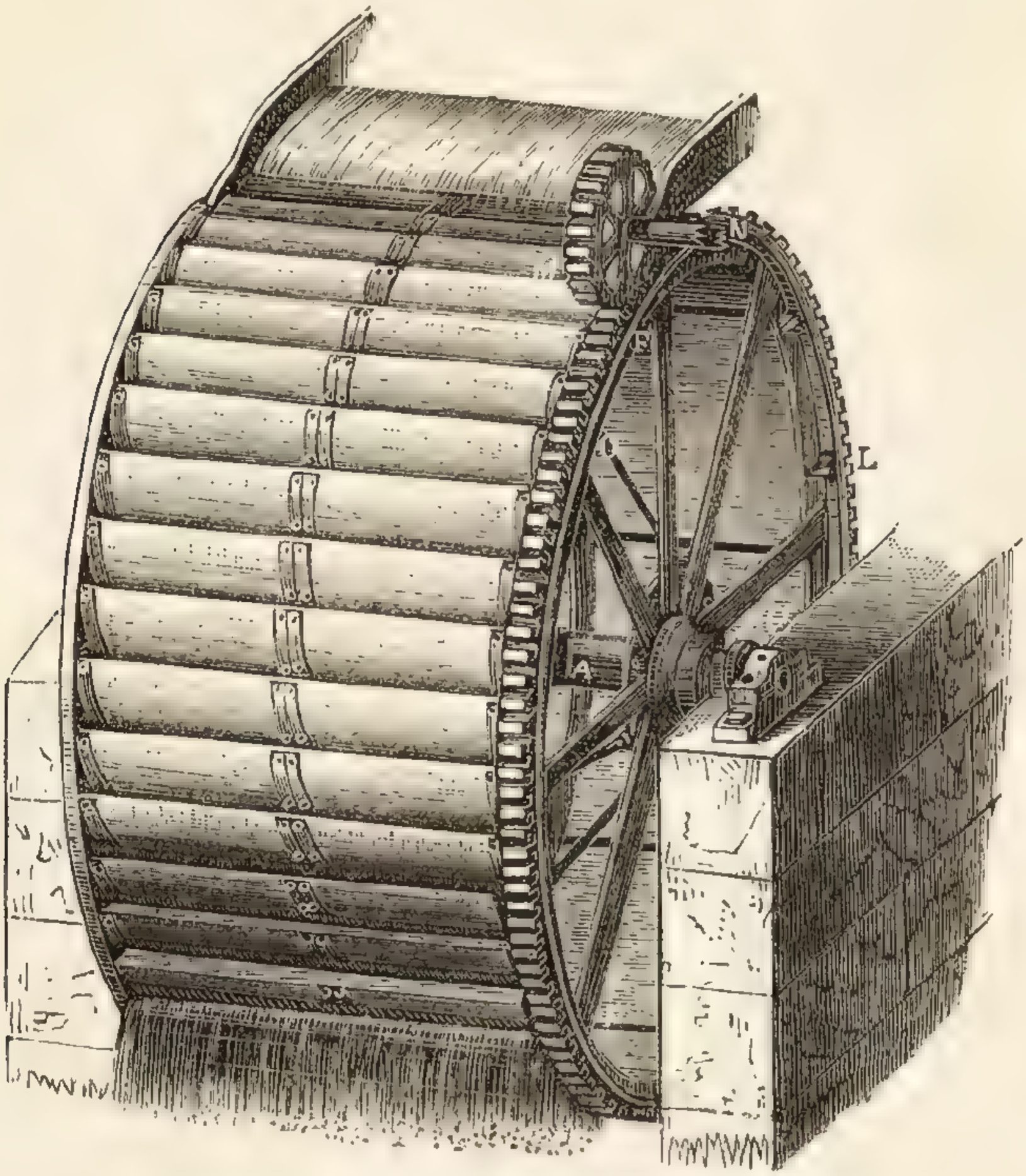
[1]) Вышеприведенная единица работы т е х н и ч е с к а я; чтобы перевести ее въ научную единицу, мы должны еще умножить ее на напряженіе тяжести.

при помощи величины груза и высоты, съ которой онъ должент опускаться для того, чтобы при данномъ устройствѣ машины поддерживать ея движеніе, пока она совершитъ извѣстную работу. Поэтому и примѣняютъ вездѣ измѣреніе работы въ фунто-футахъ.

На практикѣ, конечно, было бы не выгодно примѣненіе гири, какъ дѣйствующей силы, въ тѣхъ случаяхъ, когда мы принуждены поднять ее силой нашей собственной руки; тутъ было бы проще привести машину въ движеніе непосредственно нашею рукой. Въ часахъ мы примѣняемъ гири для того, чтобы не стоять самимъ цѣлый день у механизма, какъ мы это должны были-бы сдѣлать, если-бы захотѣли непосредственно приводить ихъ въ движеніе. Заводя часы, мы имъ сообщаемъ запасъ силы, достаточный для расходованія въ теченіе сутокъ. Нѣсколько иное получается, когда сама природа поднимаетъ на нѣкоторую высоту тяжесть, которую мы и можемъ заставить производить для насъ работу. Конечно, природа рѣдко поднимаетъ на высоту твердыя тѣла, по крайней мѣрѣ, на столько правильно, чтобы мы могли этимъ воспользоваться; но за то она въ громадныхъ размѣрахъ совершаетъ подниманіе воды, которая метеорологическими процессами собирается на высотахъ горъ, и затѣмъ снова стекаетъ съ нихъ. Тяжесть воды мы употребляемъ, какъ дѣйствующую силу, въ водяныхъ мельницахъ, наиболѣе непосредственно въ такъ называемыхъ водяныхъ наливныхъ колесахъ; такое колесо изображено на фиг. 1. Эти колеса имѣютъ вдоль окружности ящики для воды, повернутые отверстіями къ верху на сторонѣ, обращенной къ читателю, а по другую, — отверстіями внизъ. Около M вода вливается сверху въ ящики, находящіеся на передней части колеса, а около F, гдѣ отверстія ящиковъ начинаютъ поворачиваться внизъ, она изъ нихъ выливается. Такимъ образомъ ящики, находящіеся на окружности колеса, наполнены на сторонѣ, обращенной къ читателю, и пусты на противоположной; первые обременены наполняющей ихъ водой, другіе же нѣтъ. Поэтому тяжесть воды постоянно дѣйствуетъ только на одну сторону колеса, заставляя ее опускаться, и такимъ образомъ она приводитъ колесо въ движеніе; противоположная сторона колеса не оказываетъ никакого сопротивленія, т. к. она не содержитъ воды. Здѣсь прежде всего дѣйствуетъ тяжесть опускающейся воды, которая доставляетъ дѣйствующую силу и приводитъ въ движеніе мельницу. Но вамъ понятно, что и здѣсь вода, которая приводитъ въ дѣйствіе мельницу, непремѣнно должна при этомъ опускаться, и что, когда вода опустилась совсѣмъ, то она не потеряла своей тяжести, но, не смотря на это, уже не въ состояніи вертѣть колесо, пока пу-

темъ затраты силы человѣческой руки или какой-нибудь силы природы она не будетъ снова приведена въ верхнюю часть своего русла. Если по выходѣ изъ мельничнаго колеса вода падаетъ еще ниже, то ею можно приводить въ движеніе еще и другія колеса. Но когда наконецъ она достигаетъ самаго глубокаго мѣста своего пути—моря, то ея работоспособность, которою она обладаетъ вслѣдствіе своей тяжести, т. е. вслѣдствіе притяженія земли, совершенно исчерпана, и она своею тяжестью уже не можетъ производить работы, если мы снова не поднимемъ ее вверхъ. А такъ

Фиг. 1.

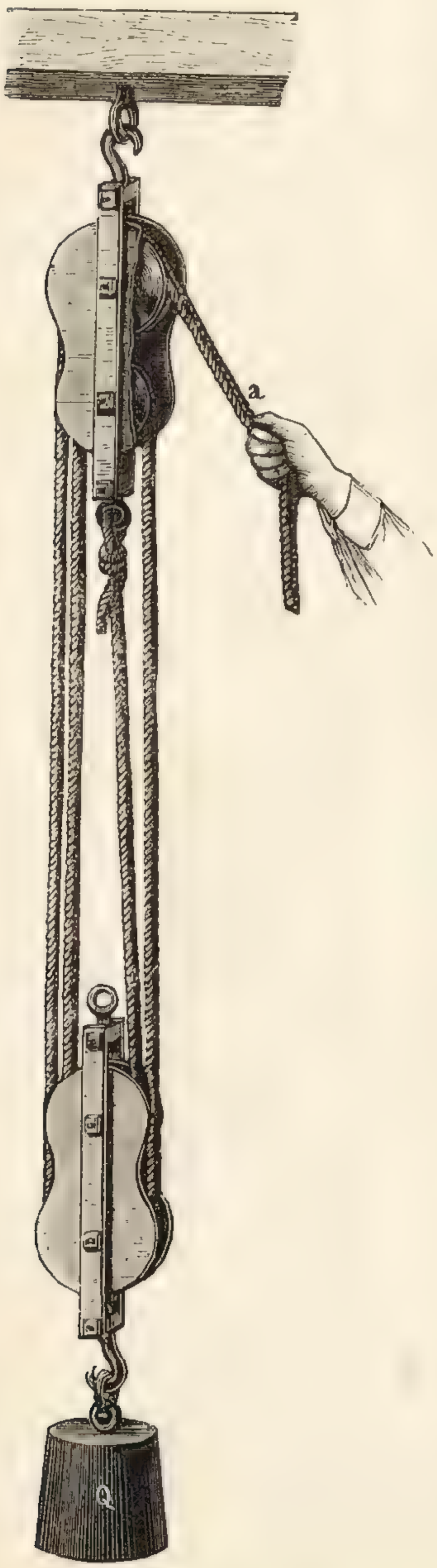


какъ это совершается чрезъ посредство метеорологическихъ процессовъ, то отсюда вы можете легко заключить, что намъ придется разсматривать эти процессы, какъ источники рабочей силы.

Сила воды — первая изъ неорганическихъ силъ, которою научился человѣкъ замѣнять собственную или же силу домашнихъ животныхъ. По Страбону примѣненіе ея уже было извѣстно знаменитому своими естественными познаніями королю Митридату Понтійскому, около дворца котораго находилось водяное колесо. У римлянъ примѣненіе этой силы было введено во времена первыхъ императоровъ. И по сію пору мы находимъ водяныя мель-

пицы во всѣхъ горныхъ долинахъ или около быстро текущихъ и правильно наполняющихся водою ручьевъ и потоковъ. Мы употребляемъ силу воды для всевозможныхъ цѣлей, которыхъ только можно достигнуть при помощи машинъ и для которыхъ она можетъ дать необходимый запасъ рабочей силы. Она приводитъ въ движеніе мельницы, которыя мелютъ зерно, далѣе пилы, молоты и толчеи, прядильныя и ткацкіе станки и т. д. Это самая дешевая изо всѣхъ двигательныхъ силъ; она сама собою постоянно течетъ изъ неизсякаемыхъ запасовъ природы къ человѣку; но она прикрѣплена къ мѣсту и только въ гористыхъ мѣстностяхъ она встрѣчается въ изобиліи.

Фиг. 2.



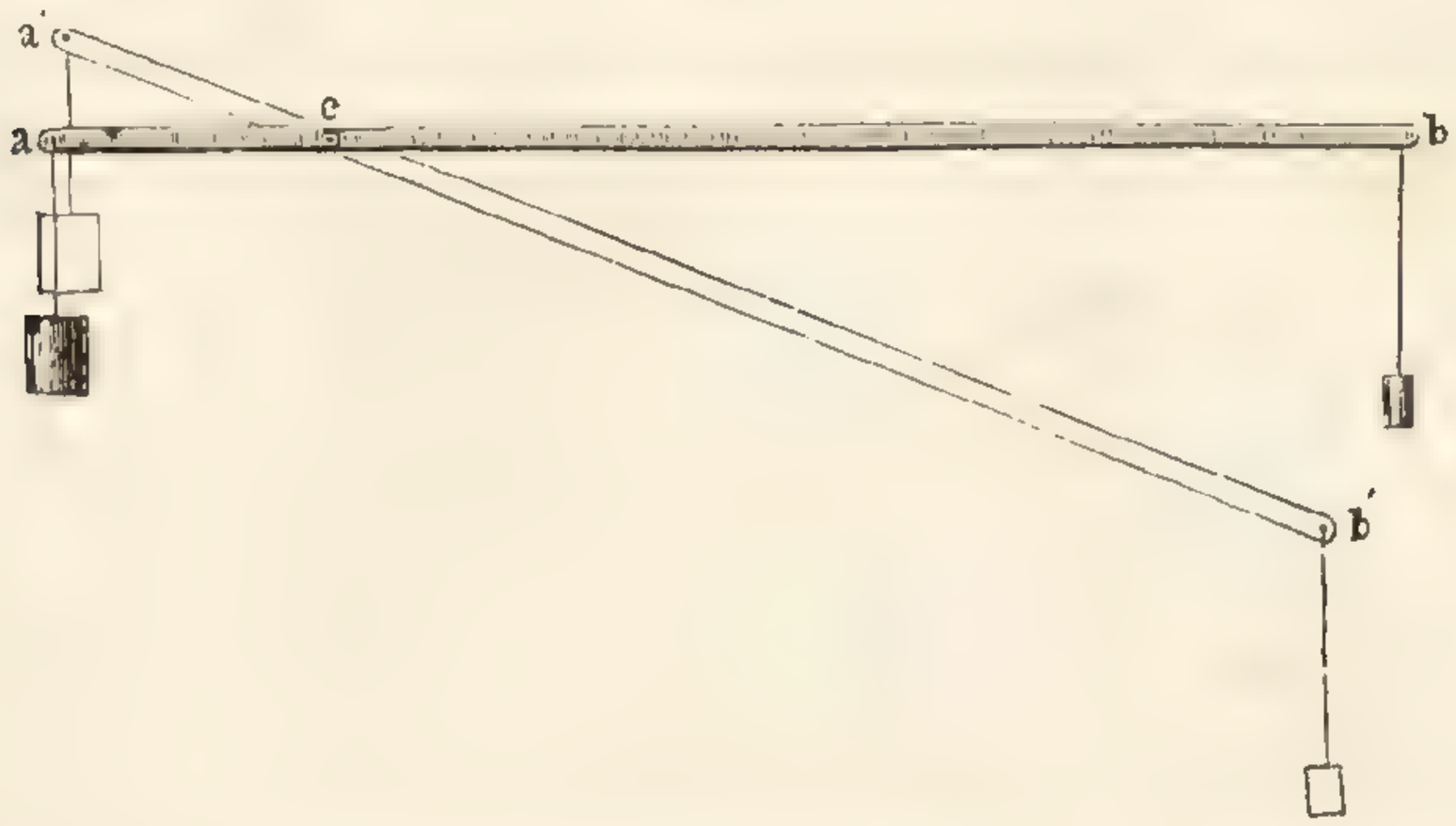
Прежде чѣмъ перейти къ описанію другихъ дѣйствующихъ силъ, я долженъ разсѣять одно сомнѣніе, которое легко можетъ возникнуть. Мы всѣ знаемъ, что существуютъ различныя машины, полиспасты, рычаги, краны, при помощи которыхъ можно, пользуясь сравнительно незначительной силой, поднять на высоту очень тяжелые грузы. Каждый изъ насъ конечно былъ свидѣтелемъ, какъ одинъ или два работника поднимаютъ воротомъ тяжелый камень, который поднять непосредственно они были-бы совершенно не въ силахъ; или какъ одинъ или два человѣка при помощи крана выгружаютъ громадные и тяжелые ящики съ корабля на берегъ. И такъ, если двигателемъ машины служитъ тяжелый грузъ, не явится ли возможности помощью полиспаста

или крана, затративъ меньшій трудъ, снова поднять этотъ грузъ такъ, чтобы онъ опять могъ служить двигательной силой, и такимъ образомъ пріобрѣсти бо́льшую двигательную силу, не затрачивая соотвѣтствующей работы при поднятіи груза?

На это мы отвѣтимъ, что эти инструменты, на сколько они уменьшаютъ силу, настолько же увеличиваютъ продолжительность дѣйствія, такъ что при ихъ посредствѣ ничего рѣшительно не выигрывается въ работѣ силы.

Положимъ, что 4 работника должны при помощи каната, перекинутаго черезъ валъ, поднять грузъ въ 400 пуд. вѣсомъ. Каждый разъ, какъ они вытянутъ 4 фута веревки, грузъ подымается на 4 фута. Повѣсимъ для сравненія такой-же точно грузъ на

Фиг. 3.



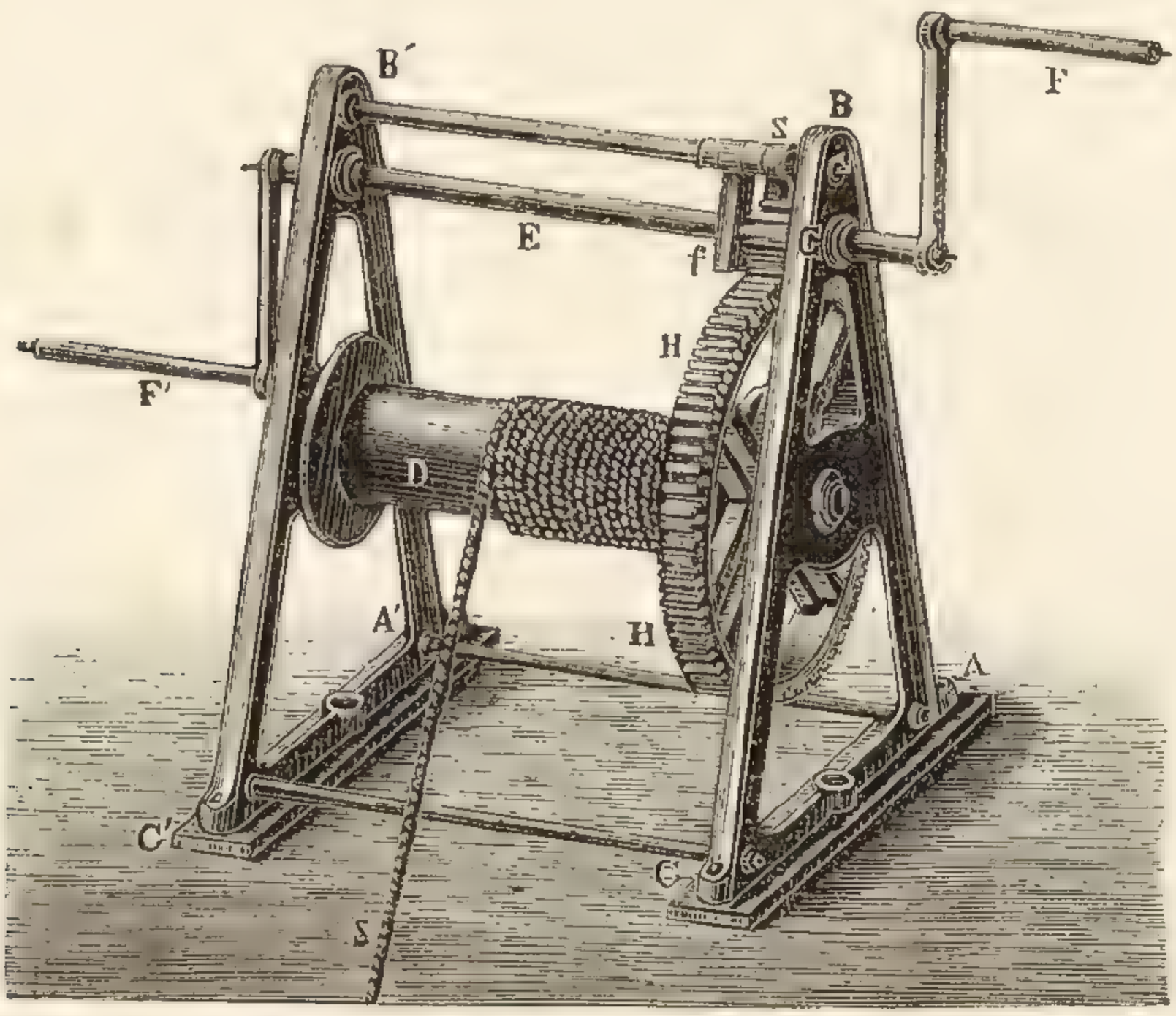
полиспастъ изъ четырехъ блоковъ, подобный нарисованному на фиг. 2. Теперь одинъ работникъ будетъ въ состояніи поднять грузъ, употребивъ для этого усиліе, равное усилію каждаго изъ четырехъ работниковъ. Но, когда онъ вытянетъ 4 ф. веревки, грузъ подымается лишь на 1 ф., такъ какъ длина, на которую онъ вытянетъ веревку при точкѣ *a* въ полиспастѣ распредѣляется равномѣрно на 4 веревки, такъ что каждая изъ нихъ укоротится лишь на четверть этой длины. И такъ, чтобы поднять грузъ на ту же высоту, одинъ работникъ употребитъ на это въ четверо больше времени, чѣмъ 4 работника. Затрата работы одинакова, работали ли 4 работника въ теченіи $^1/_4$ часа или одинъ — цѣлый часъ.

Чтобы вмѣсто человѣческой работы примѣнить работу тяжести, подвѣсимъ къ полиспасту гирю въ 400 фунтовъ, а къ концу *a*, за который раньше тянули рабочіе, подвѣсимъ гирю въ 100 фунтовъ. Полиспастъ въ равновѣсіи и можетъ быть приведенъ въ движеніе усиліемъ руки, которое не стоитъ принимать

въ разсчетъ. 100-фунтовая гиря будетъ падать, а 400-фунтовая подниматься. Такимъ образомъ, если не принимать въ разсчетъ этого незначительнаго усилія, мы подняли тяжелый грузъ, заставляя падать болѣе легкій. Но обратите вниманіе на то, что легкій грузъ прошелъ въ 4 раза бо́льшее разстояніе, чѣмъ тяжелый; 100 фунт., помноженные на 4 фута высоты паденія, дадутъ такъ-же 100 фунто-футовъ, какъ и 400 фунтовъ, помноженные на 1 футъ высоты.

Подобно полиспастамъ дѣйствуютъ и рычаги различнаго вида. Положимъ, что *ab* (фиг. 3) простой двуплечій рычагъ, подпертый

Фиг. 4.



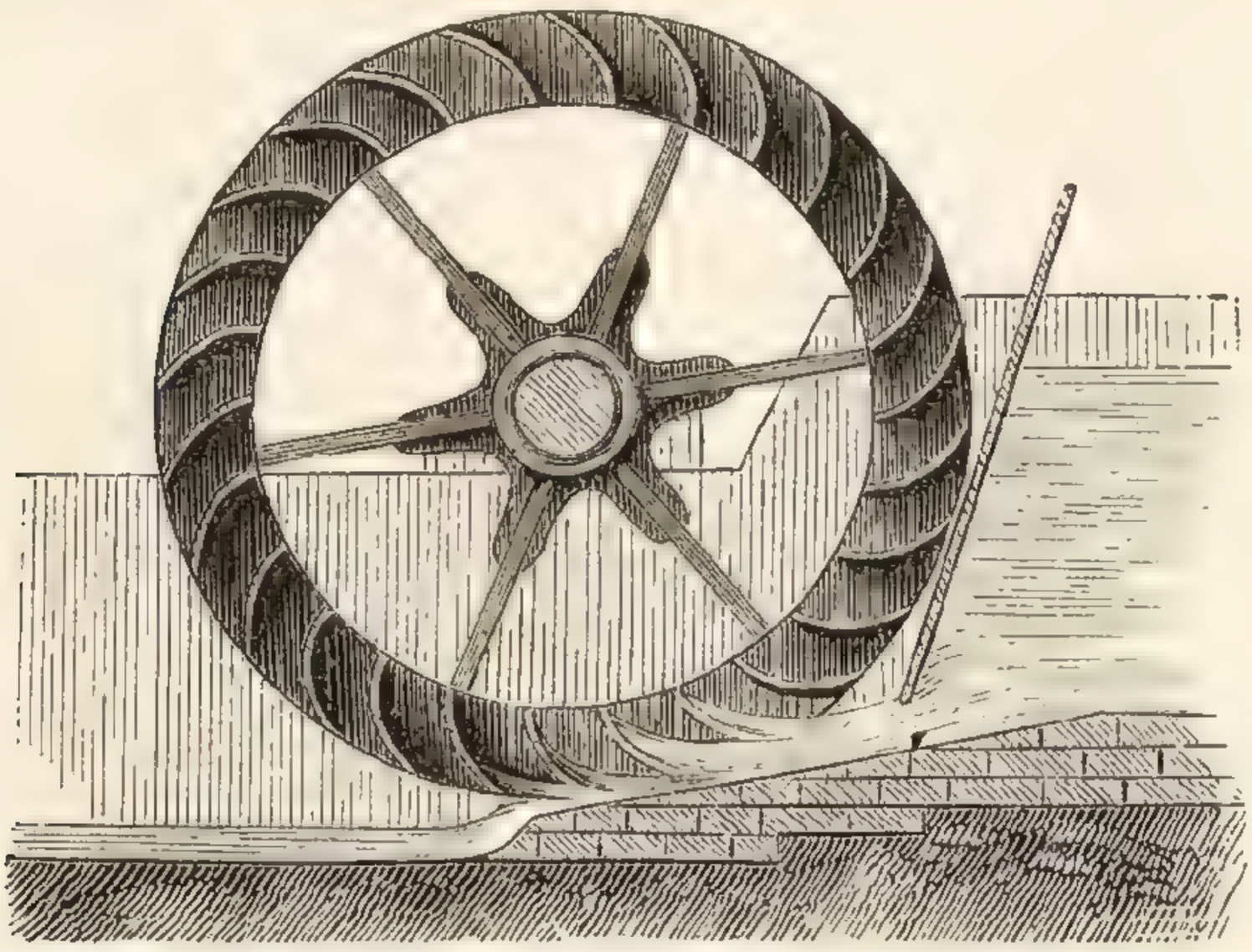
въ точкѣ *C*; его плечо *cb* въ 4 раза длиннѣе *ac*. Если къ *b* подвѣсимъ тяжесть въ 1 фунтъ, а къ концу *a* въ 4 фунта, то рычагъ будетъ въ равновѣсіи и будетъ достаточно малѣйшаго толчка пальцемъ, чтобы привести рычагъ въ положеніе *a´b´*, причемъ четырех-фунтовая гиря поднимется, а легкая въ 1 фунтъ опустится.

Замѣтьте, что и тутъ не получилось выигрыша въ работѣ, такъ какъ въ то время, пока тяжелый грузъ поднялся на 1 дюймъ, легкій опустился на 4 дюйма, а 4 фунта помноженные на 1 дюймъ представляютъ работу, эквивалентную произведенію 1 фунта на 4 дюйма.

Большинство твердыхъ частей машинъ можно разсматривать, какъ видоизмѣненные и сложные рычаги. Такъ напр., зубчатое колесо состоитъ изъ ряда рычаговъ, концы которыхъ представляютъ

изъ собя зубцы; они приходятъ одинъ за другимъ въ дѣйствіе, по мѣрѣ того, какъ разматриваемый зубецъ захватываетъ за сосѣднее колесо, или захватывается имъ. Возьмемъ, напримѣръ, воротъ, изображенный на фиг. 4. Положимъ, что зубчатое колесо, находящееся на оси рукоятки, имѣетъ 12 зубцовъ, а колесо *HH*—72, т. е. въ шесть разъ болѣе. Надо рукоятку повернуть 6 разъ, чтобы колесо *H* и съ скрѣпленный съ нимъ валъ *D* сдѣлали одинъ оборотъ и чтобы веревка, поддерживающая грузъ, поднялась на высоту, равную окружности вала. Работнику потребуется

Фиг. 5.



въ 6 разъ больше времени, но, конечно, за то только 6-я часть той силы, которую ему пришлось бы употребить, если бы рукоятка была прикрѣплена прямо къ оси вала *D*. Такимъ образомъ, во всѣхъ машинахъ и ихъ частяхъ подтверждается, что когда возрастаетъ скорость движенія, то уменьшается сила, а когда возрастаетъ сила, то уменьшается скорость; количество же работы при этомъ никогда не увеличивается.

Въ вышеописанныхъ мельничныхъ колесахъ вода дѣйствуетъ своею тяжестью. Мы имѣемъ еще иной типъ водяныхъ колесъ, такъ называемыхъ подливныхъ, на которыя вода дѣйствуетъ толчками; таково колесо, изображенное на (фиг. 5). Эти колеса употребляются въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ высоты, съ которыхъ стекаетъ вода, не настолько велики, чтобы можно было принимать воду на верхнюю часть колеса. Нижняя часть подливныхъ колесъ опущена въ проточную воду, которая ударяетъ въ лопатки и увлекаетъ ихъ за собою. Такія колеса примѣнимы на быстро текущихъ рѣкахъ съ едва замѣтнымъ скатомъ, какъ наприм. на Рейнѣ. Здѣсь нѣтъ необходимости въ томъ, чтобы въ непосред-

ственномъ сосѣдствѣ съ такимъ колесомъ существовало замѣтное паденіе воды, если только она обладаетъ достаточно быстрымъ теченіемъ. Въ этомъ случаѣ дѣйствуетъ и доставляетъ двигательную силу быстрота теченія, заставляющая воду ударяться въ лопатки колеса и вращать его.

Другой примѣръ для подобнаго дѣйствія скорости представляютъ вѣтряныя мельницы, которыми пользуются, за недостаткомъ падающей воды, въ большихъ равнинахъ сѣверной Германіи и Голландіи. Здѣсь теченіе воздуха, т. е. вѣтеръ заставляетъ двигаться крылья мельницы. Спокойный воздухъ такъ-же мало приведетъ въ движеніе вѣтряную мельницу, какъ стоячая вода—водяную. Дѣйствующая сила заключается въ быстротѣ двигающихся массъ.

Покоящаяся въ рукѣ ружейная пуля, сама по себѣ, есть незначительный предметъ, тяжесть котораго не можетъ произвести большаго дѣйствія, но вылетая съ большою скоростью изъ дула ружья, она преодолѣваетъ, съ ужасной силой, всѣ препятствія.

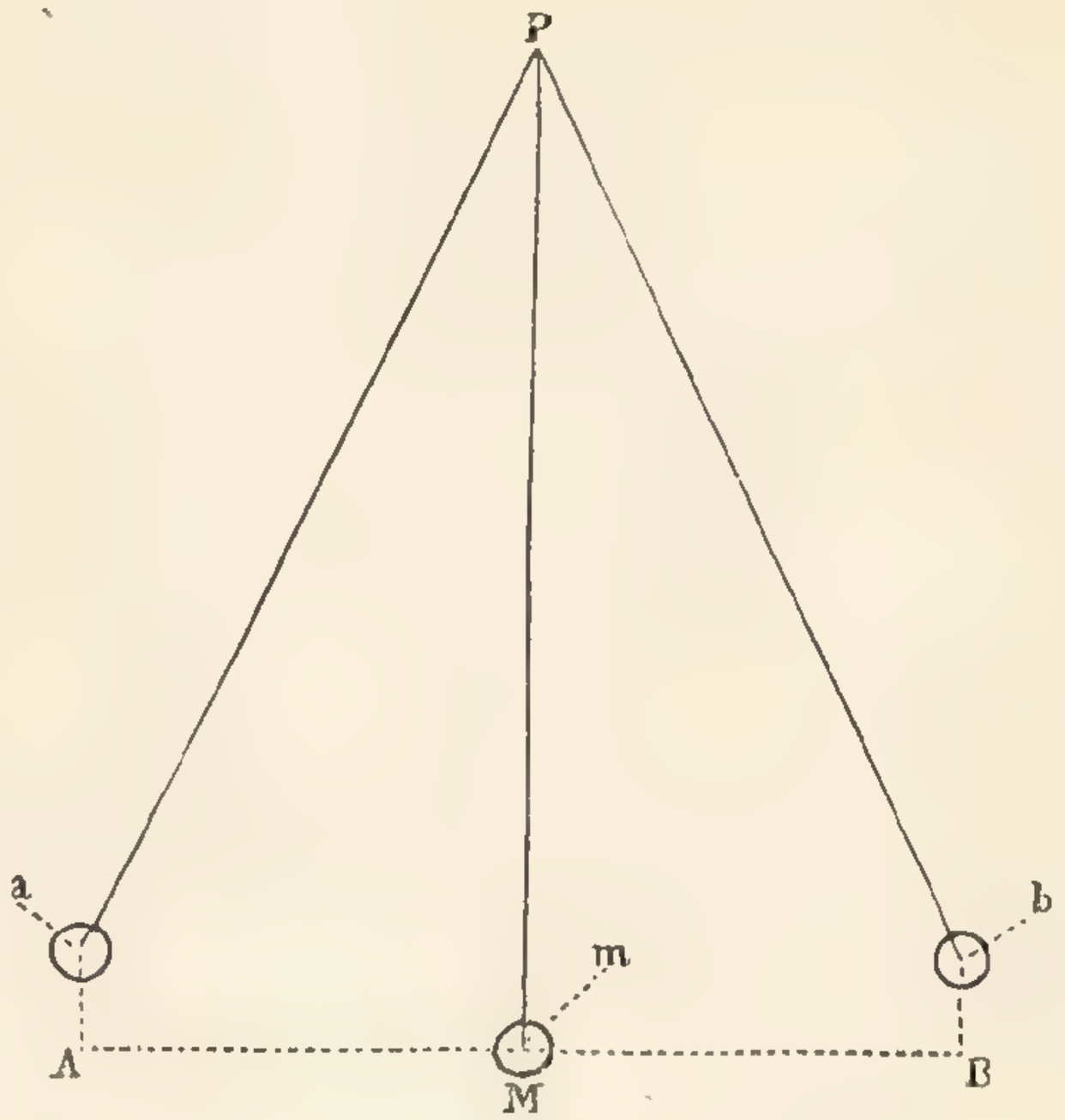
Когда я тихо кладу головку молотка на гвоздь, то его тяжести и давленія моей руки, навѣрно недостаточно для того, чтобы вдавить гвоздь въ дерево. Но если я съ силою размухнусь молоткомъ и позволю ему упасть съ большою скоростью, то онъ пріобрѣтаетъ новую силу, которая можетъ преодолѣть гораздо бо́льшія сопротивленія.

Изъ этихъ примѣровъ мы научаемся считать *скорость* движущейся массы за источникъ дѣйствующей силы. Скорость, по сколько она является движущей силою и способна совершить работу, называется въ механикѣ *«живою силою»*. Это названіе не особенно удачно выбрано, ибо оно побуждаетъ думать о силѣ живаго существа. И въ этомъ случаѣ вы видите на примѣрѣ молота и ружейнаго ядра, что быстрота движенія утрачивается по мѣрѣ того, какъ она является источникомъ работающей силы. Конечно, при вѣтряныхъ и водяныхъ мельницахъ слѣдуетъ произвести внимательнѣйшее изслѣдованіе движенія воздушныхъ и водяныхъ массъ, чтобы убѣдиться, что при совершеніи ими работы утрачивается часть первоначальной ихъ скорости.

Отношеніе скорости движенія къ рабочей силѣ выясняется всего проще и очевиднѣе на простомъ маятникѣ, который мы можемъ устроить, привѣшивая любой грузъ на нитку. Пусть *M* фиг. 6 представляетъ такую тяжесть шаровидной формы, *AB* горизонтальная линія, проходящая черезъ центръ массы шара; *P* точка, къ которой нить прикрѣплена. Если я грузъ *M* поведу по направленію къ *A*, то онъ будетъ двигаться по дугѣ *Ma*, ко-

нецъ которой *a* лежитъ нѣсколько выше точки *A*, принадлежащей горизонтальной линіи; значитъ, грузъ при этомъ подымается на высоту *Aa*. Потому-то моя рука и должна затратить нѣкоторую опредѣленную рабочую силу, чтобы привести грузъ въ *a*. Тяжесть сопротивляется этому движенію и старается возвратить грузъ въ *M*, т. е. въ наиболѣе низко расположенную точку, которую онъ можетъ достигнуть.

Фиг. 6.



Если я отпущу грузъ, приведя его въ точку *a*, то онъ повинуется влеченію тяжести и идетъ обратно къ *M*; онъ приходитъ въ *M* съ опредѣленной скоростью, но не останавливаясь, какъ прежде, проходитъ черезъ *M* до *b* и тутъ наконецъ останавливается, описавъ по направленію къ *B* такую же дугу, какъ раньше по направленію къ *A*, и поднявшись надъ горизонтальной линіей на разстояніе *Bb*, равное высотѣ *Aa*, на которую грузъ былъ сперва поднятъ силою моей руки. Отъ точки *b* маятникъ идетъ назадъ, черезъ *M* по тому же пути до *a* и т. д., до тѣхъ поръ, пока его качанія, все уменьшающіяся вслѣдствіе сопротивленія воздуха, наконецъ совсѣмъ не прекратятся.

Вы видите, что объясненіе того, почему грузъ, возвращаясь изъ *a*, проходитъ черезъ *M*, не останавливаясь, и противъ силы тяжести достигаетъ *b*, нужно искать только въ скорости его движенія. Скорость, которую маятникъ пріобрѣлъ, спускаясь съ высоты *Aa*, способна поднять его снова на равную же величину *Bb*. Скорость движущейся массы *M*, такимъ образомъ, способна поднять эту массу, что въ механическомъ смыслѣ означаетъ «совершить работу». Это же самое происходитъ и въ томъ случаѣ, если мы сообщимъ подвѣшенному грузу нѣкоторую скорость при помощи толчка.

Изъ сказаннаго мы далѣе можемъ узнать, какъ слѣдуетъ измѣрять рабочую силу скорости или, что то-же, живую силу движущейся массы; она выражается въ футо-фунтахъ работы, которую

можетъ произвести эта масса, послѣ того, какъ ея скорость была употреблена для того, чтобы поднять эту массу, при возможно благопріятныхъ обстоятельствахъ, на возможно бо̀льшую высоту [1]). При этомъ направленіе скорости не играетъ никакой роли, ибо если мы грузъ станемъ вращать на спуркѣ, то мы можемъ перевести движеніе, направленное внизъ въ движеніе обратное.

Движеніе маятника показываетъ намъ, далѣе, весьма ясно, какъ обѣ до сихъ поръ разсматриваемыя формы рабочей силы, а именно поднятаго груза и движущейся массы, могутъ переходить одна въ другую. Въ точкахъ a и b, фиг. 6, масса не имѣетъ никакой скорости, но за то она поднята на высоту Aa или Bb; въ точкѣ m она находится на самой низкой точкѣ своего паденія, но зато имѣетъ скорость. Въ то время, какъ грузъ идетъ изъ A въ m, работа поднятой тяжести превращается въ живую силу; а когда она идетъ отъ m къ b, то живая сила превращается въ работу приподнятой тяжести. Работа, которую наша рука первоначально сообщила маятнику, не утрачивается во время его качанія, конечно если мы не обращаемъ вниманія на вліяніе сопротивленія воздуха и на треніе; она и не увеличивается, но лишь мѣняетъ свою форму или видъ.

Перейдемъ къ другимъ механическимъ силамъ, къ силамъ упругихъ тѣлъ. Вмѣсто гири, которою заводятся наши стѣнные часы, мы находимъ въ карманныхъ и столовыхъ часахъ стальныя пружины, которыя закручиваются, когда мы заводимъ часы, и раскручиваются за тѣ 24 часа, въ теченіе которыхъ часы идутъ. Для закручиванія пружины мы затрачиваемъ силу нашей руки, которая, въ то время, когда мы часы заводимъ, должна преодолѣть упругую силу пружины, какъ при стѣнныхъ часахъ силу тяжести гири. Закрученная пружина способна совершить работу; она затрачиваетъ сообщенную ей способность въ то время, пока приводитъ въ дѣйствіе часовой механизмъ.

Когда я натягиваю тетиву самострѣла и затѣмъ произвожу выстрѣлъ, то согнутая пружина приводитъ въ движеніе стрѣлу; она сообщаетъ ей рабочую силу въ видѣ скорости. Чтобы натянуть тетиву, моя рука должна работать нѣсколько секундъ, эта работа передастся стрѣлѣ въ моментъ выстрѣла. Самострѣлъ сосредоточиваетъ такимъ образомъ всю работу, которую ему сооб-

---

[1]) Мѣра живой силы въ смыслѣ теоретической механики есть половина произведенія вѣса на квадратъ скорости. Чтобы перевести ее въ техническую мѣру работы, надо ее раздѣлить еще на напряженіе тяжести (быстрота паденія въ концѣ первой секунды при свободномъ паденіи).

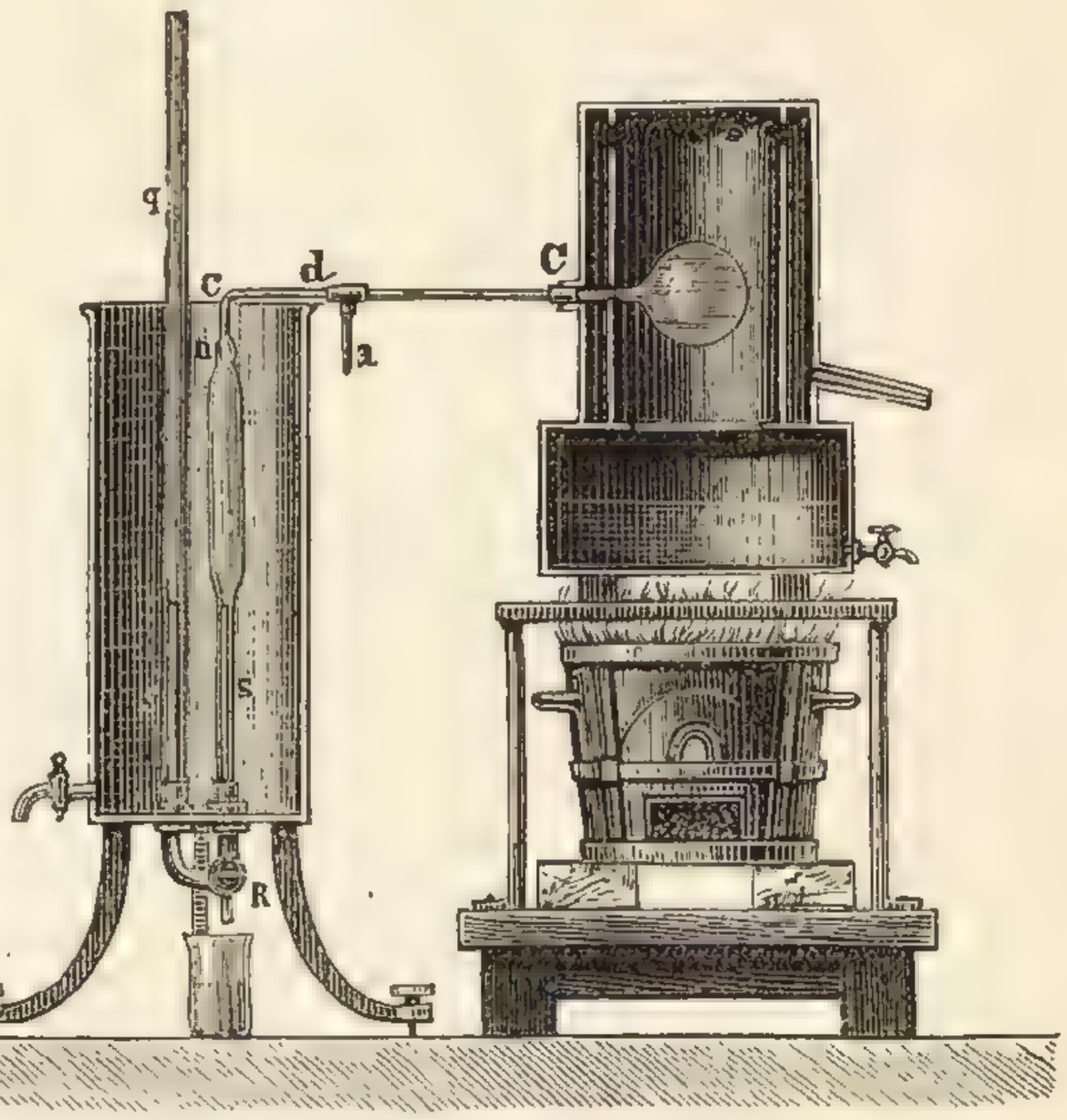
щила моя рука, на одинъ, чрезвычайно короткій моментъ; часы, наоборотъ, растягиваютъ ее на день или даже на нѣсколько дней. Въ обоихъ случаяхъ не получается работы, которую бы не сообщила предварительно инструменту моя рука; она только распредѣляется сообразно цѣли.

Получается нѣчто иное, если я воспользуюсь какимъ либо другимъ физическимъ явленіемъ, чтобы произвести натяженіе въ упругомъ тѣлѣ, не напрягая при этомъ моей руки. Это въ дѣйствительности осуществимо и газы представляются при этомъ наиболѣе удобными посредниками.

Если я напр. стрѣляю изъ заряженнаго порохомъ ружья, то бо́льшая часть сгарающаго пороха превращается въ газы очень высокой температуры, которые стремятся сильно расшириться, и въ томъ узкомъ пространствѣ, въ которомъ они образовались, могутъ быть удержаны только посредствомъ сильнаго на нихъ давленія. Расширяясь, они толкаютъ передъ собою пулю и сообщаютъ ей большую скорость, которая какъ мы уже знаемъ, есть одинъ изъ видовъ рабочей силы.

Въ этомъ случаѣ я получилъ работу, которую не произвела моя рука; при этомъ было затрачено нѣчто иное, а именно порохъ, составныя части котораго вступили въ новое химическое соединеніе, изъ котораго они не могутъ быть снова приведены къ ихъ прежнему состоянію безъ затраты чего-либо. Такимъ образомъ, благодаря вліянію совершившагося химическаго процесса, мы пріобрѣли рабочую силу.

Фиг. 7.



Въ гораздо бо́льшемъ масштабѣ вызываются упругія силы въ газахъ подъ вліяніемъ теплоты.

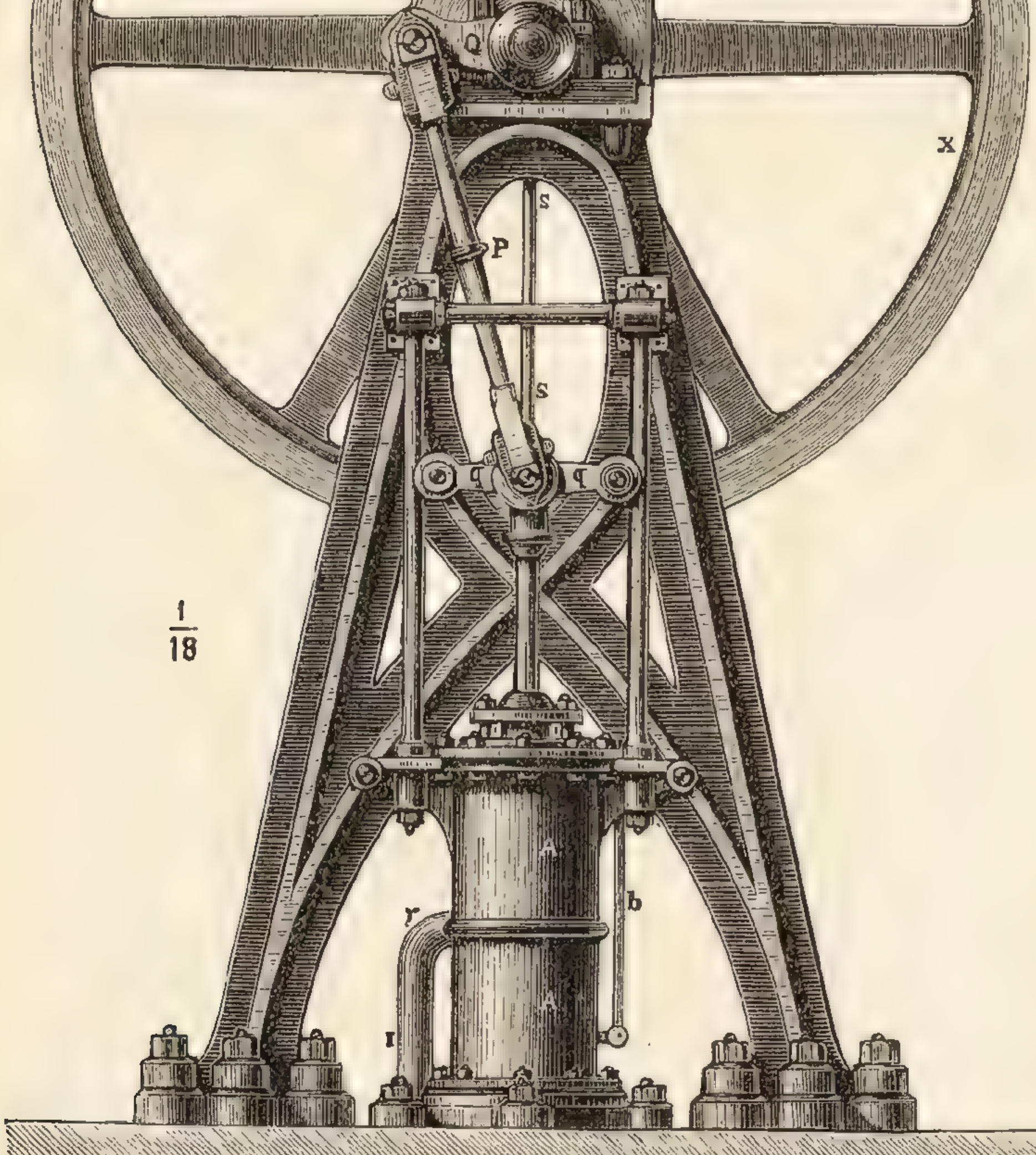
Возьмемъ, какъ напростѣйшій примѣръ, атмосферный воздухъ. На фиг. 7 представленъ приборъ, которымъ пользовался *Regnault* для измѣренія силы расширенія нагрѣтаго газа. Если не

требуется точнаго измѣренія, то этотъ же самый аппаратъ можно устроить гораздо проще. При *C* имѣется стеклянный шаръ, наполненный сухимъ воздухомъ и вставленный въ жестяной сосудъ, который согрѣвается парами постоянно кипящей веды. Этотъ шаръ сообщается съ *U*-образной, наполненной жидкостью, трубкой *Ss*, вѣтви которой сообщаются между собою при соотвѣтствующемъ положеніи крана *R*. Если жидкость находится въ равновѣсіи въ трубкѣ *Ss*, когда шаръ холодный, то она будетъ подыматься и наконецъ вытекать изъ колѣна *S*, когда мы будемъ шаръ нагрѣвать. Наоборотъ, если при нагрѣтомъ шарѣ снова возстановить равновѣсіе жидкости, выливъ часть ея черезъ *R*, то по охлажденіи шара она будетъ всасываться по направленію къ *n*. Въ обоихъ случаяхъ жидкость подымается, причемъ совершается нѣкоторая работа.

Въ большихъ размѣрахъ вы видите этотъ опытъ, непрерывно повторяющимся, въ паровыхъ машинахъ. Чтобы поддержать продолжительное расширеніе газа въ котлѣ, замѣняютъ воздухъ шара (чер. 7), который быстро достигъ бы maximum'а своего расширенія, котломъ съ водою, которую притекающая теплота безпрестанно превращаетъ въ паръ; водяной паръ, пока онъ остается какъ таковой, есть упругій газъ, который стремится расшириться, точно такъ, какъ атмосферный воздухъ. Вмѣсто столба жидкости, которая подымалась упругой силой газа въ нашемъ послѣднемъ опытѣ, въ паровой машинѣ заставляютъ подыматься вверхъ твердый поршень, который можетъ свое движеніе передавать другимъ частямъ машины. Чертежъ 8 изображаетъ работающія части машины высокаго давленія спереди, а черт. 9, въ поперечномъ боковомъ разрѣзѣ. Котелъ, въ которомъ образуется паръ, не нарисованъ; паръ проходитъ изъ него по трубкѣ *zz*, черт. 9, въ цилиндръ *AA*, въ которомъ движется плотно прилегающій поршень *C*. Части, которыя помѣщаются между трубкою *zz* и цилиндромъ *AA*, именно подвижной клапанъ (золотникъ) въ цилиндрѣ *KK* и двѣ трубки *d* и *e*, служатъ для того, чтобы, смотря по положенію клапана, или пропускать паръ по *d* въ нижнюю часть цилиндра *A* подъ поршень, или же въ верхнюю надъ поршень, тогда какъ, одновременно съ этимъ, паръ изъ другой половины цилиндра получаетъ свободный выходъ наружу. Если паръ идетъ подъ поршень, то онъ его подымаетъ вверхъ; когда поршень дошелъ до верху, то, измѣняя положеніе клапана въ *KK*, мы даемъ пару возможность войти въ цилиндръ надъ поршень и опустить его. Поршень дѣйствуетъ помощью вращающагося вокругъ него стержня *P* на рукоятку *Q* маховаго колеса *X* и приводитъ послѣднее во

вращеніе. Движеніе этого колеса регулируетъ, при помощи приспособленія *s*, движеніе клапана; мы не станемъ разсматривать по-

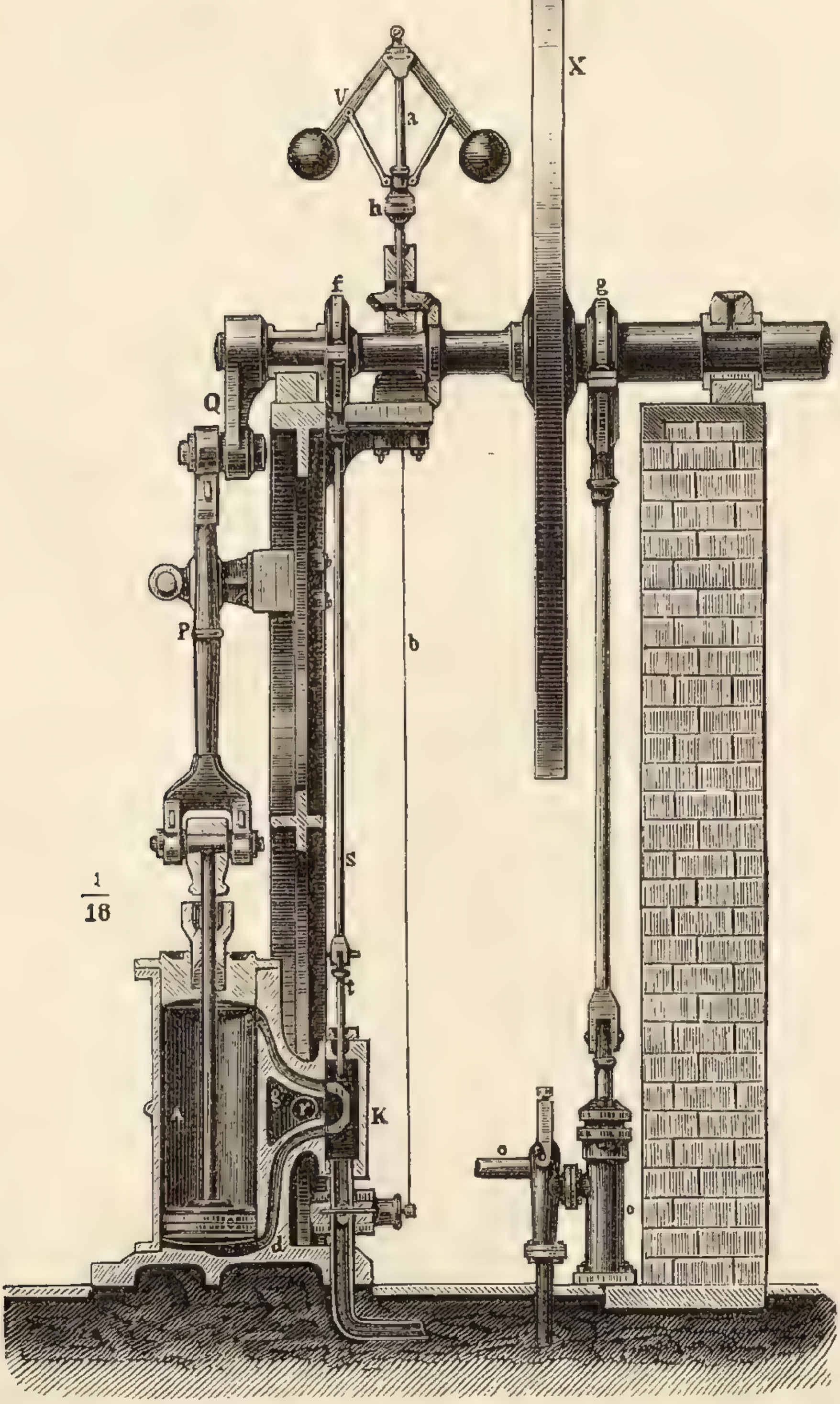
Фиг. 8.



дробнѣе его механическаго устройства, хотя оно очень остроумно. Насъ здѣсь интересуетъ только, какимъ образомъ теплота даетъ упругій сжатый паръ, и какъ этотъ паръ, своимъ стремленіемъ

расшириться, принужденъ приводить въ движеніе тяжелыя части машины и доставлять намъ рабочую силу.

Фиг. 9.



Намъ всѣмъ извѣстно, какъ велико и разнообразно примѣненіе паровыхъ машинъ; съ нихъ, собственно, началось то великое

развитіе промышленности, которымъ отличается наше столѣтіе отъ всѣхъ предыдущихъ. Преимущество ихъ надъ ранѣе извѣстными движущими силами заключается въ томъ, что онѣ не связаны съ опредѣленнымъ мѣстомъ. Запасъ каменнаго угля и незначительное количество воды, которые служатъ источниками ихъ движущей силы, можно легко вездѣ припасти; именно вслѣдствіе этого-то мы можемъ паровую машину сдѣлать даже самодвигающейся, какъ мы это видимъ напримѣръ въ локомотивахъ и на пароходахъ. Помощью этихъ машинъ возможно на всякомъ мѣстѣ земной поверхности такъ же, какъ и въ глубокихъ горныхъ шахтахъ и среди моря, получить почти безграничное количество рабочей силы, между тѣмъ какъ водяныя и вѣтряныя мельницы неразрывно связаны съ опредѣленнымъ мѣстомъ на земной поверхности. Локомотивъ перевозитъ теперь путешественниковъ и товары въ такомъ количествѣ и съ такою быстротой, которая нашимъ отцамъ могла-бы показаться невѣроятной сказкой, такъ какъ они смотрѣли на свои убогія почтовыя кареты съ шестью пассажирами внутри, двигавшіяся съ быстротою одной мили въ часъ, какъ на большой шагъ впередъ. Пароходы переправляются черезъ океанъ, независя отъ направленія вѣтра, стойко вынося бурю, которая отвлекла-бы парусное судно отъ его пути, и къ опредѣленному времени достигаютъ назначенной пристани. Выгода, которую представляетъ для всѣхъ родовъ промышленности скопленіе множества рабочихъ, искусныхъ въ различныхъ ремеслахъ, въ большихъ городахъ, гдѣ по большей части нельзя располагать силою вѣтра или воды, увеличивается, если при помощи паровыхъ машинъ доставлять необходимую сырую силу и сохранять для лучшихъ цѣлей осмысленную работу человѣка. Вездѣ, гдѣ качество почвы или сосѣдство удобныхъ торговыхъ путей представляетъ выгодныя условія для развитія промышленности, паровыя машины являются готовымъ источникомъ силъ.

Итакъ мы видимъ, что теплота можетъ явиться источникомъ механической рабочей силы. Во всѣхъ выше разсмотрѣнныхъ случаяхъ мы нашли, что количество рабочей силы, получающейся при нѣкоторомъ физическомъ процессѣ, всегда опредѣленно и ограничено, и что дальнѣйшая работоспособность естественной силы уменьшается или уничтожается при производствѣ работы. Какъ обстоитъ дѣло въ этомъ отношеніи съ теплотою?

Этотъ вопросъ имѣлъ рѣшающее значеніе, когда старались распространить законъ сохраненія силы на всѣ естественные процессы. Въ отвѣтѣ на него коренилась существеннѣйшая разница между старымъ и новымъ воззрѣніемъ на явленія, сюда относя-

щіяся. Поэтому многіе физики называютъ воззрѣніе на теплоту, соотвѣтствующее закону сохраненія силъ, «механическою теоріей тепла».

Старое ученіе о природѣ тепла считало теплоту матеріей, хотя очень тонкой и невѣсомой, но неразрушимой и неизмѣнной по количеству, что, какъ извѣстно, есть основное свойство всякой матеріи. Въ самомъ дѣлѣ, количество той теплоты, которую можно измѣрять термометромъ, остается во многихъ явленіяхъ неизмѣннымъ. Теплота можетъ переходить непосредственно (теплопроводность) или лученспусканіемъ съ болѣе теплыхъ къ болѣе холоднымъ тѣламъ, и то количество тепла, которое теряютъ первыя, появляется на вторыхъ, какъ это видно изъ показаній термометровъ. Впрочемъ, были найдены нѣкоторыя явленія, а именно переходы изъ твердаго состоянія въ жидкое или газообразное, при которыхъ теплота исчезаетъ, по крайней мѣрѣ, для термометра. Но когда мы газъ приводимъ опять въ жидкое состояніе, а изъ жидкаго въ твердое, то снова появляется то количество теплоты, которое сперва казалось потеряннымъ. Такое состояніе назвали скрытымъ состояніемъ теплоты. По этому воззрѣнію жидкая вода отличается отъ льда тѣмъ, что она содержитъ извѣстное количество скрытой или связанной тепловой матеріи, которая, именно вслѣдствіе того, что она «связана», не можетъ перейти на термометръ и быть имъ обнаружена. Паръ содержитъ еще большее количество скрытой теплоты. Но если мы приведемъ паръ въ жидкость, а воду снова превратимъ въ ледъ, то мы получимъ обратно то-же самое количество тепла, которое было скрыто при таяніи льда и при превращеніи воды въ паръ.

Наконецъ, теплота то появляется, то снова исчезаетъ въ химическихъ процессахъ. Но и здѣсь можно было провести гипотезу, что разные химическіе элементы и соединенія заключаютъ извѣстное постоянное количество скрытой теплоты, которое при химическихъ процессахъ то появляется, то снова переводится въ скрытое состояніе, и точные опыты показали, что количество теплоты, которое появляется при химическомъ процессѣ, напримѣръ при сжиганіи фунта чистаго угля въ углекислоту, есть такъ же постоянная величина, независимо отъ того, совершается ли сожиганіе тихо или быстро, разомъ или постепенно. Такимъ образомъ, все прекрасно согласовалось съ гипотезой, которую положили въ основаніе ученія о теплотѣ, какъ о матеріи, которая не мѣняется количественно. Всѣ эти кратко изложенные здѣсь естественные процессы были предметомъ обширныхъ эксперименталь-

ныхъ и математическихъ изслѣдованій великихъ французскихъ физиковъ послѣднихъ десятилѣтій прошлаго и первыхъ десятилѣтій текущаго столѣтія, и изъ ихъ изслѣдованій образовался цѣлый отдѣлъ физики, въ которомъ все согласовалось съ гипотезой, что теплота есть матерія. Съ другой стороны, объяснить неизмѣняемость количества теплоты при всѣхъ этихъ процессахъ никакъ не могли иначе, чѣмъ исходя изъ гипотезы, что теплота есть матерія.

Но отношеніе теплоты именно къ механической работѣ точнѣе не было изслѣдовано. Впрочемъ, французскій инженеръ Sadi Carnot, сынъ знаменитаго военнаго министра временъ революціи, старался опредѣлить (1824) механическую работу, которую совершаетъ теплота, допуская, что предполагаемая тепловая матерія стремится, подобно газу, расшириться; и на самомъ дѣлѣ, исходя изъ этого представленія, онъ вывелъ замѣчательный законъ работоспособности теплоты, который и до сихъ поръ, конечно съ существенными измѣненіями, введенными Clausius'омъ, входитъ въ основаніе новой, такъ называемой «механической теоріи тепла». Практическія слѣдствія, вытекающія изъ этого закона, на сколько ихъ въ то время могли провѣрить опытомъ, всегда оказывались справедливыми.

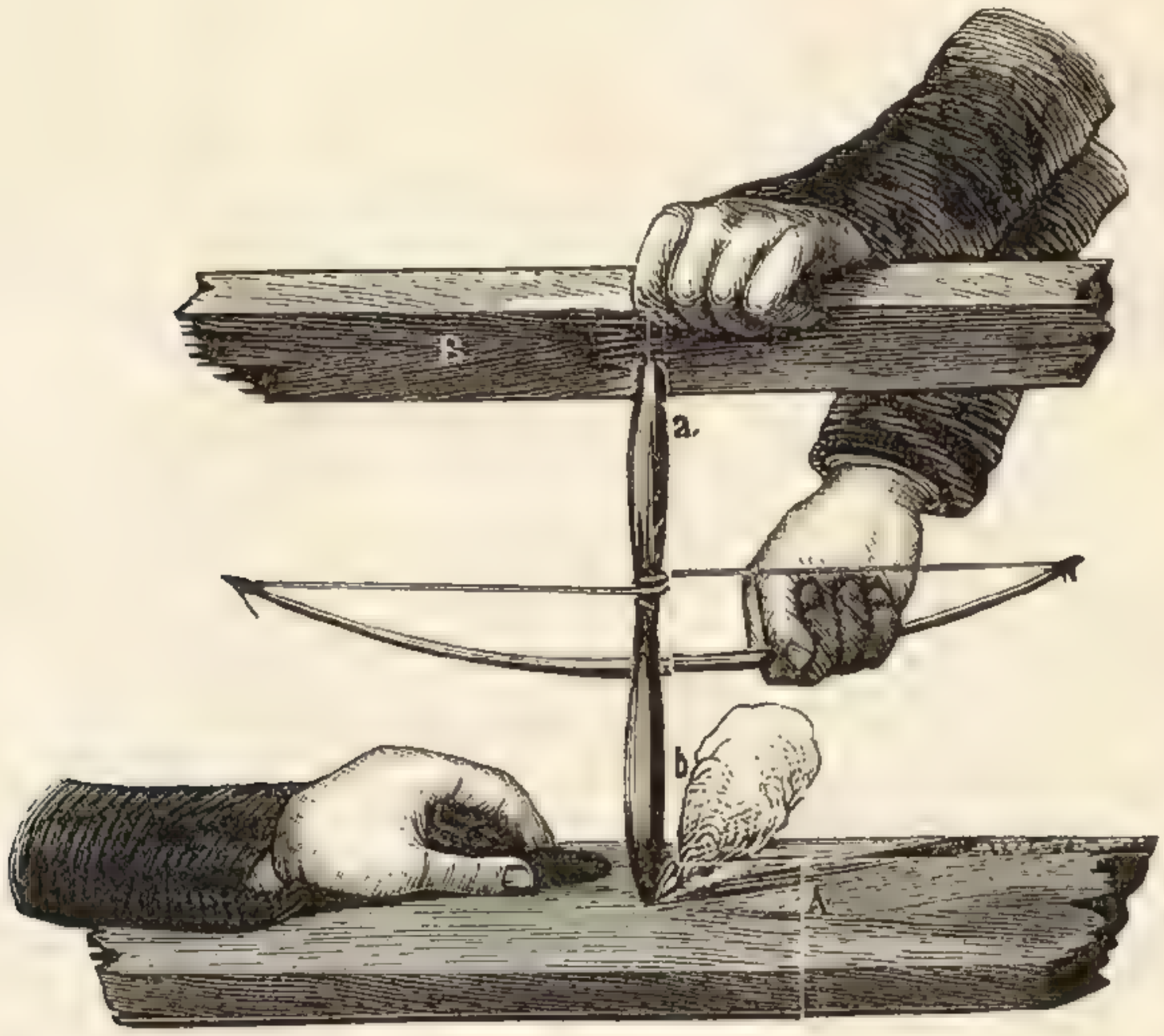
Однако въ то-же время опытъ показывалъ, что при всякомъ треніи двухъ тѣлъ появляется теплота; но, откуда она берется, не могли указать.

Это явленіе всѣмъ извѣстно. Ось колеса повозки, которая плохо смазана и сильно трется, становится настолько теплою, что можетъ загорѣться; быстро бѣгущія машинныя колеса на желѣзныхъ осяхъ могутъ привариться къ своимъ подшипникамъ. Не требуется даже сильнаго тренія, чтобы произвести замѣтную теплоту. Всякая спичка, которую, посредствомъ тренія одного ея мѣста, вы такъ нагрѣваете, что находящаяся тамъ фосфорная масса воспламеняется, можетъ служить примѣромъ. Вамъ достаточно потерѣть, сильно нажимая другъ на друга, сухія ладони, чтобы почувствовать нагрѣваніе, которое гораздо значительнѣе обыкновеннаго нагрѣванія рукъ, когда онѣ, соприкасаясь, спокойно лежатъ одна возлѣ другой; ясный запахъ гари, испускаемый при этомъ ладонями, показываетъ, что роговая верхняя кожица ладони на поверхности обожжена. Дикіе народы добываютъ огонь треніемъ двухъ кусковъ дерева. Съ этой цѣлью они приводятъ острое веретено изъ твердаго дерева въ быстрое вращеніе на подставкѣ изъ мягкаго дерева, какъ это показано на фиг. 10.

Пока дѣло шло о треніи твердыхъ тѣлъ, одного объ другое, причемъ поверхностныя частички отрываются и сжимаются, можно

было еще думать, что какое нибудь измѣненіе строенія трущихся тѣлъ является причиною выдѣленія скрытой теплоты, которая и обнаруживается какъ теплота тренія.

Фиг. 10.



Но можно вызвать теплоту треніемъ жидкихъ тѣлъ, гдѣ не можетъ быть рѣчи объ измѣненіи структуры и объ освобожденіи, скрытой теплоты. Первый рѣшительный опытъ, въ этомъ родѣ, былъ произведенъ, въ началѣ этого столѣтія, сэромъ Humphy Davy. Онъ теръ въ охлажденномъ пространствѣ 2 куска льда одинъ объ другой и довелъ ихъ до таянія. Скрытая теплота, которую должна была поглотить образовавшаяся вода, не могла появиться изъ холоднаго льда, не могла быть порождена какимъ либо измѣненіемъ строенія, не могла ни откуда произойти, какъ только изъ тренія и должна была быть создана самимъ треніемъ.

Какъ треніемъ, такъ и ударомъ невполнѣ упругихъ тѣлъ можно произвести теплоту. Это замѣчается, напримѣръ, когда мы при помощи кремня и стали высѣкаемъ огонь, или когда мы сильными ударами молота продолжительно обрабатываемъ полосу желѣза.

Когда мы поразмыслимъ надъ механическимъ значеніемъ удара неупругаго тѣла и тренія, то мы увидимъ, что оба эти явленія суть причины, которыя приводятъ въ покой движущіяся тѣла. Движущееся тѣло, движенію котораго не препятствуетъ никакая сопротивляющаяся ему сила, продолжало бы свое движеніе до безконечности. Примѣръ мы имѣемъ въ движеніи планетъ. Пови-

димому, подобное никогда не наблюдается при движеніи земныхъ тѣлъ, такъ какъ они всегда соприкасаются съ другими, покоющимися тѣлами и трутся объ нихъ. Мы въ значительной степени можемъ уменьшить ихъ треніе, но никогда не можемъ его уничтожить. Колесо, которое вращается вокругъ хорошо отшлифованной оси, получивъ толчекъ, продолжаетъ долгое время свое вращательное движеніе, и тѣмъ дольше, чѣмъ тоньше ось и глаже ея поверхность, чѣмъ лучше она смазана и чѣмъ меньше давленіе, которое она испытываетъ. Но все-таки живая сила движенія, которую мы сообщили такому колесу посредствомъ толчка, теряется въ концѣ концевъ, благодаря трепію. Она исчезаетъ и на первый взглядъ можетъ показаться, что имѣвшаяся живая сила колеса уничтожилась безо всякой замѣны.

Шаръ, который мы катимъ по гладкому пути, продолжаетъ катиться, пока его скорость не уничтожится треніемъ о путь и тѣми малыми ударами, которые шаръ получаетъ отъ его неровностей. Маятникъ, который мы привели въ колебаніе, можетъ колебаться, при хорошемъ подвѣсѣ, цѣлые часы, не будучи приводимъ въ это движеніе часовымъ механизмомъ; вслѣдствіе легкаго трепія объ окружающій воздухъ и точку своего привѣса онъ, наконецъ, приходитъ въ покой. Камень, падающій съ высоты, достигаетъ опредѣленной скорости въ моментъ, когда доходитъ до земли; эта скорость, какъ мы знаемъ эквивалентна нѣкоторой механической работѣ; пока эта скорость еще остается какъ таковая, мы можемъ при помощи соотвѣтствующаго механизма направить ее вверхъ и воспользоваться ею, чтобы снова поднять камень на высоту. Наконецъ, камень ударяется объ землю и приходитъ въ покой; толчекъ уничтожилъ его скорость, а вмѣстѣ съ ней повидимому и механическую работу, которую эта скорость еще могла бы произвести. Если мы соединимъ результаты всѣхъ этихъ примѣровъ, число которыхъ можетъ быть увеличено ежедневнымъ опытомъ каждаго изъ васъ, то мы увидимъ: треніе и ударъ неупругаго тѣла суть явленія, результатомъ которыхъ обнаруживается уничтоженіе механической работы и возникновеніе теплоты.

Упомянутые опыты Joule'я ведутъ насъ далѣе. Онъ измѣрялъ футо-фунтами то количество работы, которое уничтожалось черезъ треніе жидкихъ или твердыхъ тѣлъ, равно какъ и количество возникающей при этомъ теплоты, и нашелъ между обоими опредѣленную зависимость. Изъ его изслѣдованій явствуетъ, что если посредствомъ затраты механической работы производится теплота, то потребно вполнѣ опредѣленное количество работы, чтобы получить то количество теплоты, которое физиками принимается за единицу,

а именно то количество, которое можетъ нагрѣть 1 гр. воды на одинъ градусъ стоградуснаго термометра. Необходимое для этого количество работы, которое по лучшимъ изслѣдованіямъ Joule'я, равно работѣ, производимой однимъ граммомъ, падающихъ съ высоты 425 метровъ. Чтобы показать согласіе полученныхъ имъ чиселъ, я здѣсь привожу результаты ряда нѣкоторыхъ изслѣдованій, которыхъ онъ достигъ послѣ введенія разныхъ улучшеній въ свою методу.

1. Рядъ опытовъ, въ которыхъ треніемъ нагрѣвалась вода въ мѣдномъ сосудѣ. Внутри этого сосуда вращалась вертикальная ось, снабженная 16 лопастями, а вызванное ими круговое движеніе воды уничтожалось рядомъ стѣнокъ, разграничивавшихъ сосудъ. Послѣднія имѣли прорѣзы какъ разъ такой величины, чтобы свободно пропускать лопасти. Значеніе эквивалента было 424,9 метр.

2. Два ряда подобныхъ же опытовъ, причемъ трущею жидкостью была ртуть въ желѣзномъ сосудѣ, дали 425 и 426,3 метр.

3. Два ряда опытовъ, въ которыхъ 2 коническихъ желѣзныхъ кольца терлись одно объ другое, оба окруженныя ртутью, дали 426,7 и 425,6 метр.

То-же самое соотношеніе между теплотою и работою было найдено и при обратномъ процессѣ, когда работа являлась результатомъ затраты тепла. Чтобы воспроизвести этотъ процессъ въ условіяхъ, дающихъ возможность услѣдить за нимъ, берутъ обыкновенно постоянные газы, а не пары, хотя послѣдніе и болѣе удобны для производства большихъ количествъ работы. напр. въ паровой машинѣ.

Замѣчено, что газъ, когда его заставляютъ постепенно расширяться,—охлаждается. Причину этого явленія первый разъяснилъ Joule. При своемъ расширеніи газъ долженъ преодолѣвать сопротивленіе, производимое давленіемъ воздуха и стѣнкою сосуда, которая медленно поддастся дѣйствію газа; если стѣнка перемѣщается рукою человѣка, то газъ, по крайней мѣрѣ, способствуетъ этому перемѣщенію. Такимъ образомъ, газъ работаетъ; эта работа производится на счетъ его теплоты и въ результатѣ получается охлажденіе. Если газъ расширяется въ безвоздушное пространство, гдѣ онъ не встрѣчаетъ никакого сопротивленія, то, какъ показалъ Joule, охлажденія не происходитъ: если даже отдѣльныя части и охлаждаются, то другія нагрѣваются и, окончательно, температура всего газа оказывается тою-же, какою была до его расширенія.

Изъ прежнихъ физическихъ опытовъ, а частію изъ новѣйшихъ опредѣленій Regnault извѣстно, сколько теплоты развиваютъ различные газы при сжатіи, и какое количество работы потребно для производства этого сжатія и, наоборотъ, сколько теплоты въ газахъ исчезаетъ, когда они расширяются подъ давленіемъ, равнымъ ихъ собственному, и какое количество работы они производятъ при этомъ, преодолѣвая давленіе. Численныя значенія механическаго эквивалента теплоты, опредѣленныя на основаніи этихъ данныхъ, для различныхъ газовъ суть слѣдующія:

Опыты съ атмосф. воздухомъ даютъ	426,0
» » кислородомъ.	425,7
» » азотомъ	431,3
» » водородомъ	425,3

Нельзя требовать большаго согласія этихъ чиселъ, полученныхъ столь разнообразными изслѣдованіями различныхъ наблюдателей, съ тѣми числами, которыя выражаютъ эквивалентность теплоты и механической работы при треніи.

Итакъ: извѣстное количество теплоты можетъ быть обращено въ опредѣленное количество работы, и наоборотъ — эта работа можетъ обратно перейти въ то-же самое количество теплоты, изъ котораго она получена. Выражаясь языкомъ механики, эти количества теплоты и работы эквивалентны другъ другу. Теплота—это новая форма, въ которой можетъ проявиться данное количество рабочей силы.

Эти данныя не позволяютъ намъ болѣе смотрѣть на теплоту какъ на родъ матеріи, ибо количество ея не остается всегда неизмѣннымъ. Она можетъ быть вновь создана на счетъ живой силы уничтожившагося движенія и, въ свою очередь, будучи уничтожена, она производитъ движеніе. Изъ этого мы можемъ скорѣе всего заключить, что теплота сама есть движеніе — внутреннее невидимое движеніе мельчайшихъ частицъ вещества. Поэтому-то, когда, вслѣдствіе тренія или толчка, движеніе кажется намъ прекратившимся, на самомъ дѣлѣ оно не уничтожилось, а только перешло съ большихъ видимыхъ массъ на ихъ мельчайшія частицы; обратно—въ паровой машинѣ внутреннее движеніе нагрѣтыхъ частицъ газа передается поршню машины, собирается на немъ и даетъ одно общее его движеніе.

Что касается формы этого внутренняго движенія, то пока съ нѣкоторой вѣроятностью можно сказать о ней только по отношенію къ газамъ. Ихъ частицы, вѣроятно, движутся прямолинейно въ различныхъ направленіяхъ безъ всякаго порядка; это напра-

вленіе движенія онѣ постоянно мѣняютъ, сталкиваясь другъ съ другомъ или отражаясь отъ стѣнокъ сосуда. Такимъ образомъ газъ напоминаетъ рой мошекъ; но частицы его въ безконечное число разъ мельче и болѣе сближены. Эта гипотеза была высказана Kroenig'омъ, Clausius'омъ и Maxwell'омъ; она даетъ намъ ясное представленіе о всѣхъ явленіяхъ, происходящихъ въ газахъ.

То, что прежніе физики принимали за постоянное количество тепловой матеріи, есть ничто иное, какъ полная рабочая сила тепловаго движенія, которая остается постоянной только до тѣхъ поръ, пока не перейдетъ въ другія формы работы, или сама не возникнетъ изъ другихъ формъ работы.

Обратимся еще къ одной формѣ силъ природы, способныхъ произвести работу, именно къ силамъ химическимъ. Съ ними мы уже встрѣчались выше. Это тѣ силы, которыя являются первоначальной причиной способности пороха взрывать, а также работоспособности паровой машины, ибо теплота, употребляемая въ ней, доставляется горѣніемъ угля, т. е. химическимъ процессомъ. Горѣніе угля есть химическое соединеніе углерода съ кислородомъ воздуха, возникающее вслѣдствіе химическаго сродства этихъ двухъ элементовъ другъ къ другу.

Эту силу мы можемъ разсматривать, какъ взаимное притяженіе частицъ двухъ веществъ, дѣйствующее только въ томъ случаѣ, когда частицы обоихъ веществъ чрезвычайно сближены между собою.

Такіе силы дѣйствуютъ при горѣніи: атомы углерода и кислорода соединяются и образуютъ новое вещество—углекислоту, вещество газообразное, вѣроятно знакомое всѣмъ вамъ, т. к. это тотъ газъ, который поднимается въ видѣ пузырьковъ изъ различныхъ шипучихъ напитковъ: пива, шампанскаго и т. д.

Притягательная сила, существующая между атомами углерода и кислорода, способна произвести работу, такъ-же, какъ и сила притяженія земли, дѣйствующая на приподнятое тяжелое тѣло. Такое тѣло, падая на землю, производитъ сотрясеніе, которое частію передается въ окружающую среду въ видѣ звука, а частію остается въ немъ въ видѣ теплоты. То-же самое мы должны ожидать, какъ слѣдствіе притяженія химическаго: послѣ того какъ атомы углерода и кислорода устремятся другъ къ другу и соединятся въ частицы углекислоты, эти частицы должны находиться въ сильномъ молекулярномъ движеніи, т. е. въ движеніи тепловомъ. И, дѣйствительно, мы это и наблюдаемъ.

Одинъ фунтъ угля, соединяясь съ кислородомъ воздуха въ углекислоту, даетъ такое количество теплоты, которое можетъ нагрѣть 80,9 фунта воды отъ 0° до температуры кипѣнія; при этомъ, подобно тому, какъ количество работы, произведенное падающимъ грузомъ, не зависитъ отъ того, быстро или медленно онъ падаетъ, такъ и количество теплоты, даваемое горѣніемъ угля, остается всегда одно и то же, будетъ-ли уголь сожженъ быстро или медленно, сразу или по частямъ.

Когда уголь сгоритъ, то вмѣсто него и употребленнаго на горѣніе кислорода мы получаемъ газообразный продуктъ горѣнія, углекислоту, находящуюся въ раскаленномъ состояніи.

Когда она отдастъ свою теплоту окружающей средѣ, въ ней мы будемъ имѣть весь углеродъ и весь кислородъ, которые были и до горѣнія, и сила сродства ихъ другъ къ другу остается прежняя. Но теперь эта сила сродства проявляется только въ томъ, что она весьма крѣпко связываетъ атомы кислорода съ атомами углерода; она уже не способна произвести работу или теплоту, такъ же, какъ разъ упавшій грузъ не можетъ произвести работы, пока посторонняя сила его не приподниметъ. Поэтому, когда уголь сожженъ, мы не заботимся удержать получившуюся углекислоту, такъ какъ она намъ далѣе уже ничѣмъ не можетъ быть полезна; напротивъ мы стараемся поскорѣе ее удалить изъ нашихъ жилищъ при помощи дымовыхъ трубъ.

Возможно-ли разъединить составныя части углекислоты и снова возвратить имъ ту работоспособность, какою онѣ первоначально обладали до ихъ соединенія, подобно тому, какъ мы можемъ возстановить энергію груза, поднимая его съ земли? Оказывается, что это дѣйствительно возможно.

Ниже мы увидимъ, какъ происходитъ процессъ разложенія углекислоты въ жизни растеній. Можно, конечно, достигнуть разложенія углекислоты на составляющіе ее элементы и путемъ неорганическихъ процессовъ, но путь этотъ сложенъ и изложеніе его здѣсь отвлекло бы насъ слишкомъ далеко отъ нашего предмета.

Подобный процессъ прямо и легко можетъ быть воспроизведенъ для другого химическаго элемента, который, подобно углероду, можетъ быть сожженъ; этотъ элементъ водородъ. Онъ такъ же, какъ и углеродъ, является постоянною составною частью всѣхъ горючихъ растительныхъ веществъ, а также между прочимъ главною составною частію того газа, который употребляется для освѣщенія нашихъ улицъ и жилищъ.

Въ чистомъ видѣ онъ представляетъ собою легчайшій изъ всѣхъ газовъ; будучи зажженъ, онъ горитъ слабо свѣтящимъ го-

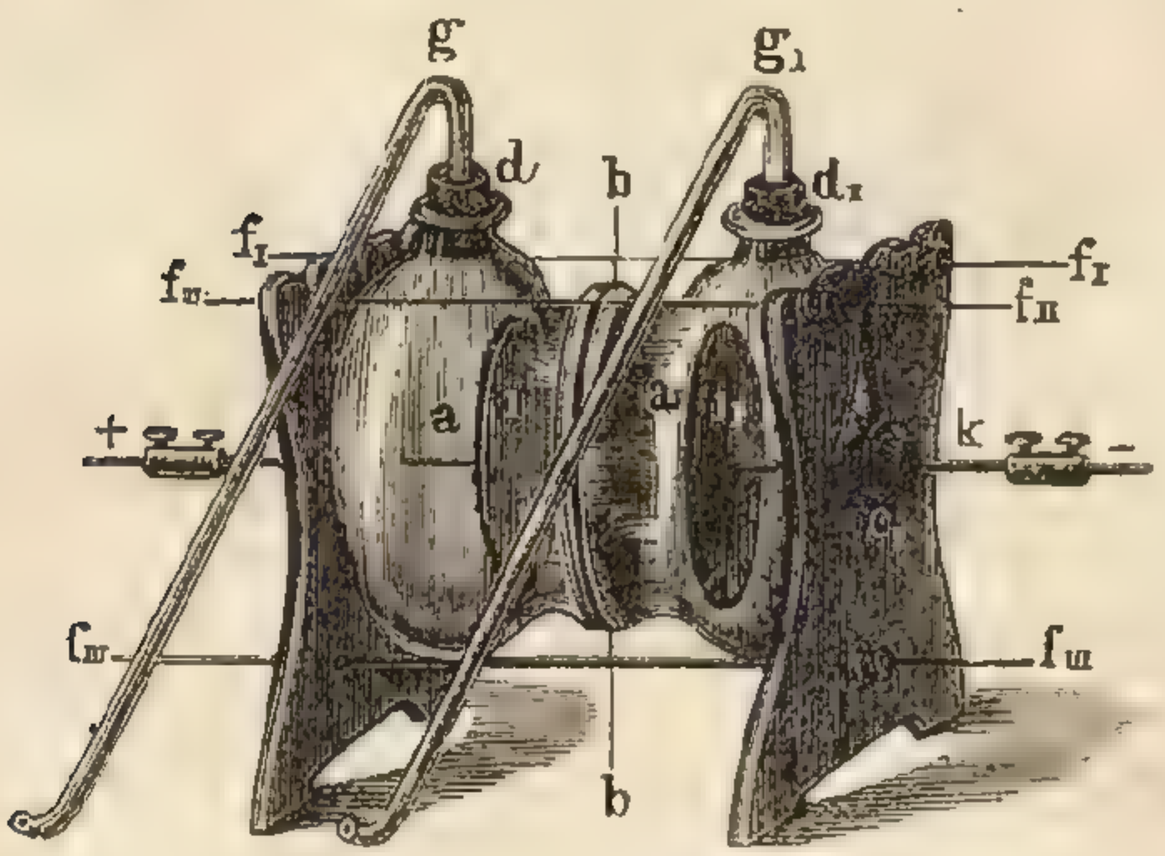
лубымъ пламенемъ. При его сгораніи, т. е. при химическомъ соединеніи водорода съ кислородомъ, выдѣляется очень значительное количество теплоты; такъ, при сгораніи извѣстнаго вѣсоваго количества водорода выдѣляется вчетверо болѣе теплоты, чѣмъ при сгораніи такого же по вѣсу количества углерода.

Продуктомъ горѣнія въ этомъ случаѣ является вода; сама она уже не можетъ болѣе горѣть, такъ какъ входящій въ нее водородъ вполнѣ связанъ съ кислородомъ. Сила сродства водорода къ кислороду производитъ работу при горѣніи водорода, какъ и сила сродства углерода къ кислороду: эта работа является въ видѣ теплоты.

Въ водѣ, полученной при горѣніи водорода, продолжаетъ существовать сила сродства между двумя элементами, составляющими ее, но работоспособность элементовъ потеряна. Чтобы снова воспользоваться ею, мы должны разъединить оба элемента, оторвать ихъ атомы одинъ отъ другого.

Этого мы можемъ достигнуть при помощи электрическаго тока. Аппаратъ, изображенный на черт. 11, состоитъ изъ двухъ стеклянныхъ сосудовъ a и a_1, наполненныхъ подкисленной водой.

Фиг. 11.



Эти 2 сосуда отдѣляются другъ отъ друга пористой глиняной перегородкой, сквозь которую можетъ проходить вода.

Съ обѣихъ сторонъ введены въ сосуды платиновыя проволоки k, оканчивающіяся внутри сосудовъ платиновыми пластинками i и i_1. При пропусканіи гальваническаго тока черезъ платиновыя проволоки k въ воду, вы увидите, какъ съ пластинокъ начнутъ подниматься пузырьки; эти пузырьки и суть два элемента, входящіе въ составъ воды; съ одной стороны водородъ, съ другой—кислородъ. Выдѣляющіеся газы отводятся при помощи трубокъ g и g_1. Если мы подождемъ, пока верхнія части стеклянныхъ сосудовъ и трубки наполнятся газомъ, то, открывъ одну изъ трубокъ, мы можемъ зажечь водородъ; онъ будетъ горѣть голубымъ пламенемъ.

Если поднести тлѣющую лучину къ отверстію другой трубки, то лучина воспламенится, какъ это всегда бываетъ въ кислородѣ, такъ какъ онъ гораздо интенсивнѣе поддерживаетъ процессы го-

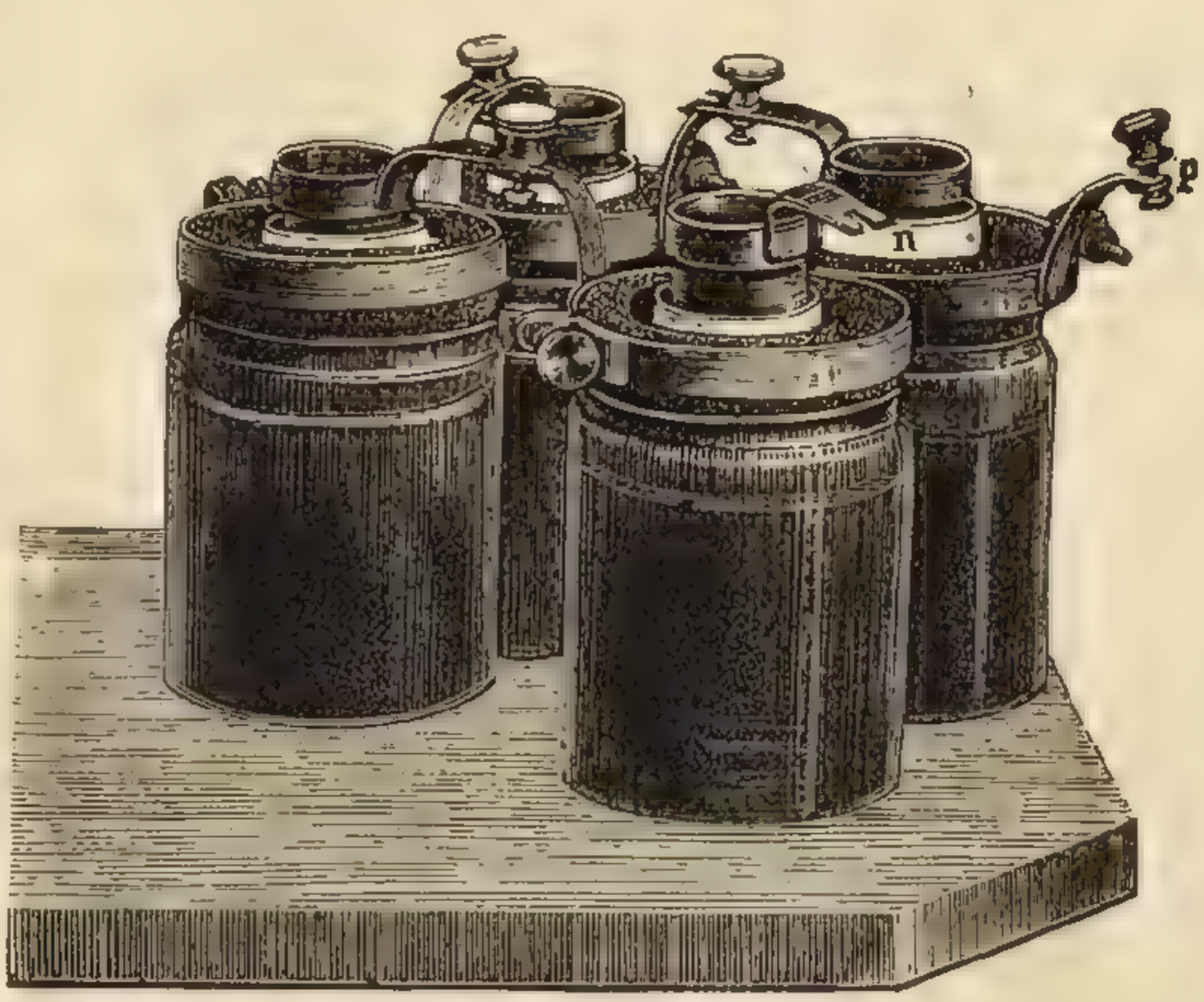
рѣнія, чѣмъ атмосферный воздухъ, въ которомъ кислородъ смѣшанъ съ азотомъ и составляетъ только $^1/_5$ часть по объему.

Если я буду держать надъ водороднымъ пламенемъ стеклянную колбу, наполненную холодной водой, то на ней будетъ осаждаться образовавшаяся при горѣніи вода.

Если въ это, почти совсѣмъ не свѣтящее пламя я введу платиновую проволоку, то, какъ вы видите, она становится ярко блестящей, ибо въ этомъ потокѣ горящей смѣси кислорода и водорода я могъ бы даже расплавить эту тугоплавкую платину. Такимъ образомъ, водородъ, выдѣленный изъ воды электрическимъ токомъ, снова получилъ свою прежнюю способность соединяться съ кислородомъ и выдѣлять при этомъ огромное количество теплоты; его сила химическаго сродства съ кислородомъ вновь пріобрѣла прежнюю свою работоспособность.

Мы знакомимся здѣсь съ еще новымъ источникомъ силы, способной производить работу, именно съ электрическимъ токомъ, который разлагаетъ воду.

Фиг. 12.



Такой токъ даетъ намъ гальваническая батарея (фиг. 12). Въ каждомъ изъ четырехъ сосудовъ налита азотная кислота, въ которую опущенъ цилиндръ изъ плотнаго угля. Внутри угольнаго цилиндра помѣщенъ цилиндрическій пористый сосудъ изъ слабообожженной бѣлой глины, наполненный воднымъ растворомъ сѣрной кислоты; въ этой кислотѣ находится еще цилиндръ изъ цинка. Каждый цинковый цилиндръ соединенъ металлической дугой съ угольнымъ цилиндромъ сосѣдняго сосуда, а послѣдній цинковый цилиндръ *n* и первый угольный *p* соединены каждый съ одной изъ платиновыхъ пластинокъ аппарата, предназначеннаго для разложенія воды (фиг. 11).

Когда соединены всѣ части этого гальваническаго аппарата, начинается разложеніе воды; въ то-же время начинаются химическіе процессы и въ элементахъ, изъ которыхъ составлена гальваническая баттарея. Цинкъ отнимаетъ отъ окружающей его воды кислородъ и претерпѣваетъ такимъ образомъ, хотя модлен-

ное, горѣніе. Продуктъ горѣнія, получаемый при этомъ, окись цинка, соединяется въ свою очередь съ сѣрной кислотой, съ которой имѣетъ сильное сродство и даетъ соль, сѣрно-кислый цинкъ, растворяющуюся въ окружающей жидкости.

Вода, у которой отнятъ кислородъ, снова возвращаетъ его себѣ, отнимая его у азотной кислоты, окружающей угольный цилиндръ и содержащей въ себѣ большое количество кислорода, который онъ легко отдаетъ. Такимъ образомъ происходитъ въ гальванической батареи сгораніе цинка въ сѣрнокислый цинкъ на счетъ кислорода азотной кислоты.

Въ то время, какъ одинъ продуктъ горѣнія—вода разлагается, происходитъ новое горѣніе цинка. Пока мы тамъ возстановляемъ работоспособность химическаго сродства, она здѣсь тратится. Электрическій токъ является передатчикомъ химической силы отъ цинка, соединяющагося съ кислородомъ и съ сѣрною кислотой, къ водѣ въ сосудѣ для разложенія, въ которомъ онъ се тратитъ на преодолѣваніе химической силы водорода и кислорода.

Такимъ образомъ, мы можемъ возстановить утраченную энергію; но для этого мы должны затратить другую энергію—энергію окисляющагося цинка.

Въ этомъ случаѣ мы преодолѣваемъ одну химическую силу другою химическою силою при посредствѣ электрическаго тока. Того же мы могли бы достичь механической силой, получая электрическій токъ при помощи магнито-электрической машины, изображенной на фиг. 13.

Вращая рукоятку машины, мы заставляемъ вращаться обвитый изолированной мѣдной проволокой якорь RR' большаго подковообразнаго магнита; при этомъ въ проволокѣ, обматывающей якорь, появляется электрическій токъ, который въ точкахъ a и b можетъ быть выведенъ наружу. Если соединить концы этихъ проволокъ съ аппаратомъ, предназначеннымъ для разложенія воды, то также получимъ кислородъ и водородъ, но, конечно, въ гораздо меньшихъ количествахъ, чѣмъ при употребленіи батареи. Но этотъ примѣръ интересенъ намъ уже потому, что здѣсь мы механической силой нашей руки, вращающей рукоятку, производимъ работу, которая идетъ на разложеніе химически связанныхъ элементовъ.

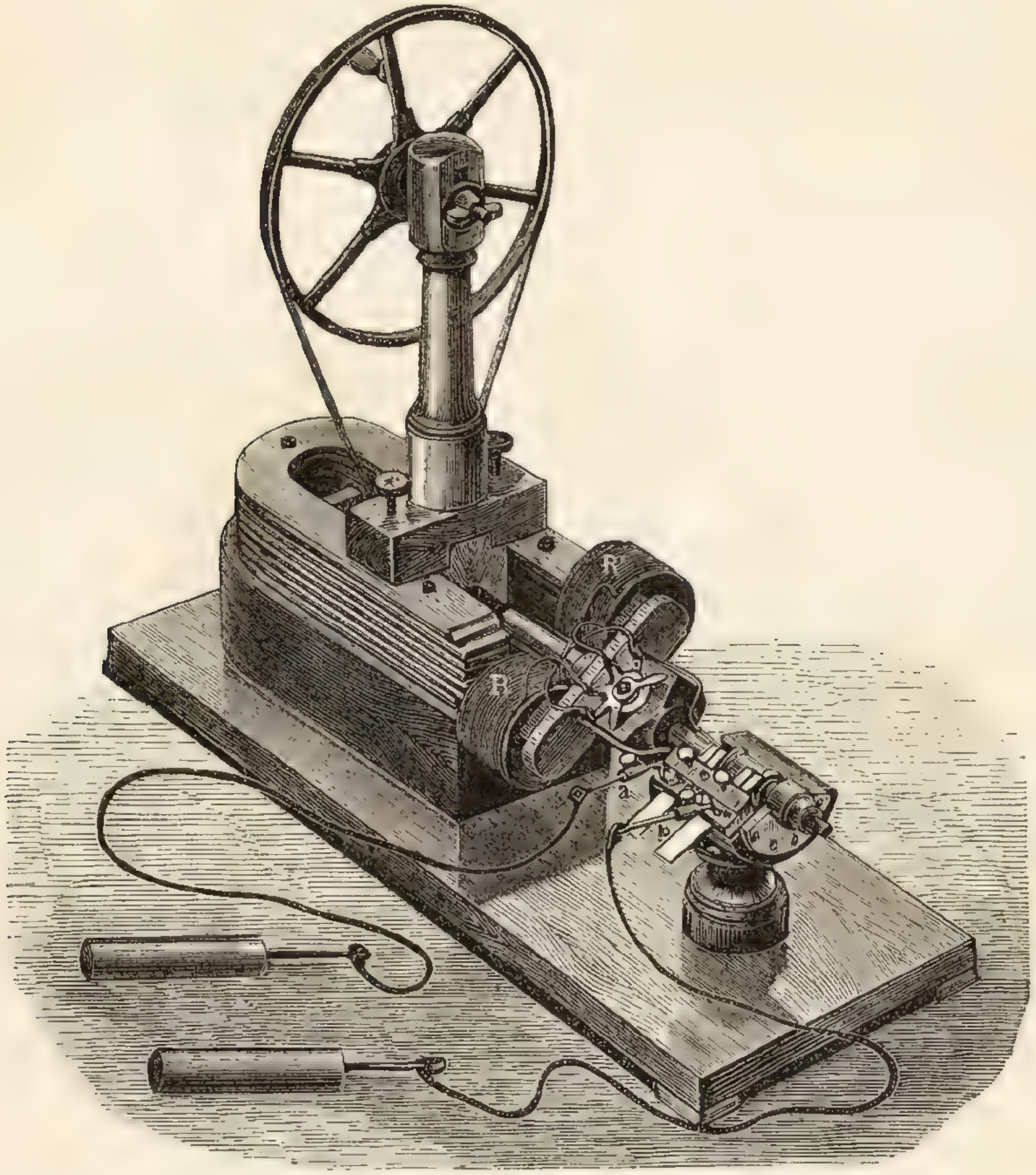
Паровая машина превращаетъ химическую силу въ механическую; магнито-электрическая машина, наоборотъ, механическую силу переводитъ въ химическую.

Вообще примѣненіе электрическаго тока обнаруживаетъ существованіе многихъ соотношеній между различными силами природы.

При помощи этого тока мы разложили воду на ея элементы; тѣмъ-же способомъ мы могли бы произвести разложеніе многихъ другихъ химическихъ соединеній.

Съ другой стороны электрическій токъ въ обыкновенной гальванической батареи самъ создается химическою силою. Электри-

Фиг. 13.



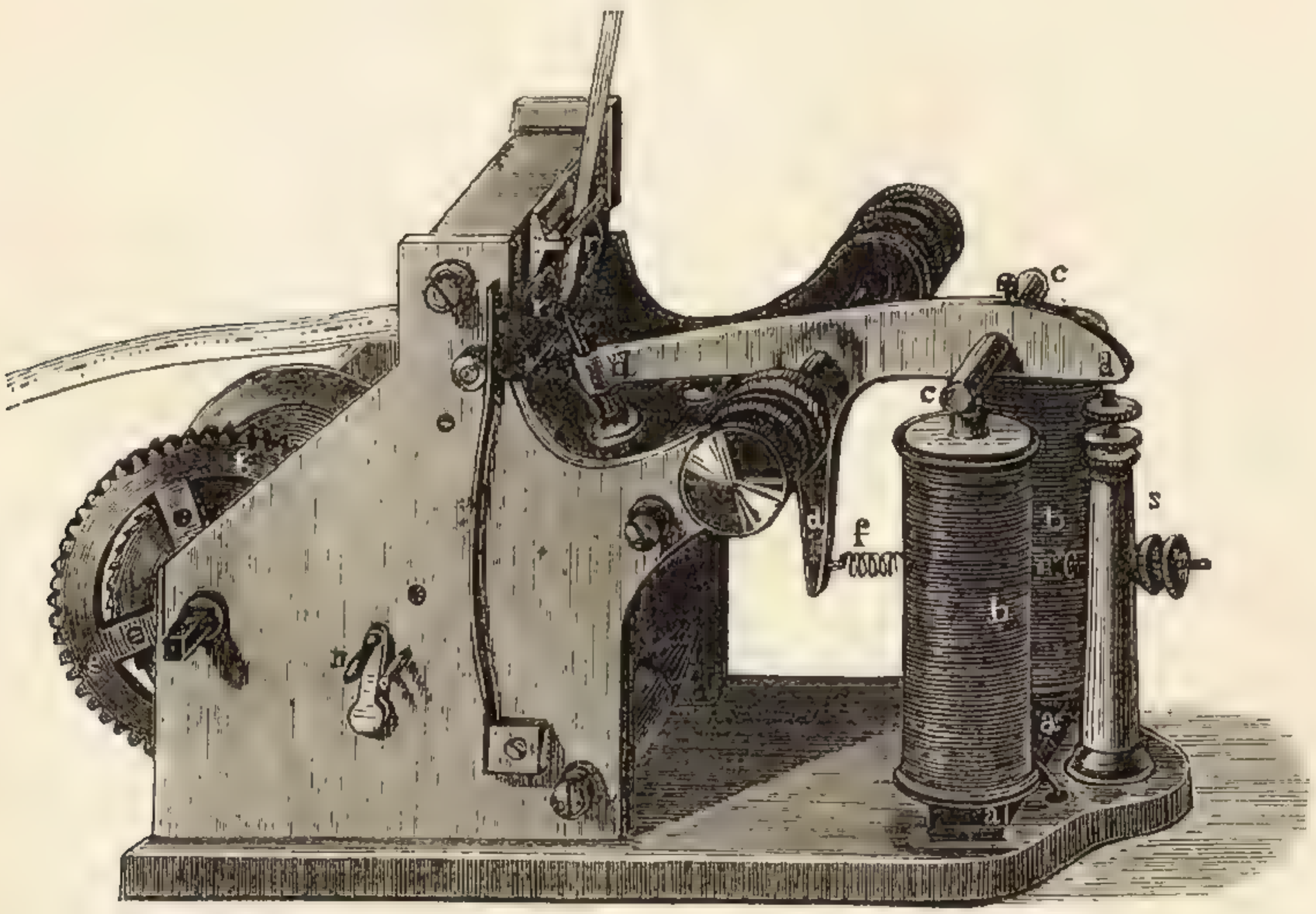
ческій токъ, протекающій по проводнику, развиваетъ въ немъ теплоту. Если я натяну тоненькую платиновую проволочку между концами *n* и *p* гальванической батареи (фиг. 12), то она сильно накалится и расплавится. Съ другой стороны въ такъ называемой термо-электрической цѣпи токъ создается при помощи теплоты.

Если желѣзо приблизить къ катушкѣ изъ мѣдной проволоки, по которой течетъ токъ, то оно намагничивается и можетъ притягивать другое желѣзо или стальной магнитъ, находящійся

вблизи. Получаемое такимъ образомъ механическое дѣйствіе имѣетъ широкое примѣненіе напр. въ электрическомъ телеграфѣ. Фиг. 14 представляетъ телеграфный аппаратъ Морзе въ 1/3 натуральной величины.

Главную часть его составляетъ подковообразное желѣзное ядро, находящееся внутри катушки, свернутой изъ мѣдной проволоки *bb*; надъ концами его, направленными кверху, расположенъ небольшой стальной магнитъ *cc*, который притягивается, какъ только токъ по телеграфнымъ проводамъ доходитъ до катушки *bb*. Магнитъ *cc* укрѣпленъ на концѣ рычага *dd*, другой конецъ котораго

Фиг. 14.



снабженъ штифтомъ *r*. Каждый разъ когда токъ проходитъ по катушкѣ *bb* и магнитъ *cc* притягивается подковой и опускается внизъ, штифтъ *r* проводитъ черту на бумажной лентѣ, передвигаемой часовымъ механизмомъ. Обратно, измѣняя магнитное состояніе желѣзнаго ядра катушки *bb*, мы могли бы получить въ оборотахъ ея электрическій токъ, такъ же, какъ получали токъ въ магнито-электрической машинѣ, изображенной на фиг. 13. Тамъ внутри катушки также находился желѣзный сердечникъ, который, приближаясь къ полюсамъ большаго подковообразнаго магнита намагничивался то въ одномъ, то въ другомъ направленіи.

Не стану приводить еще примѣровъ подобныхъ соотношеній. Разсмотримъ еще разъ приведенные выше, чтобы открыть общій имъ законъ.

Приподнятый грузъ можетъ произвести работу; но, производя работу, онъ непремѣнно долженъ спуститься съ высоты, на которую былъ приподнятъ, и если онъ спустится на столько, что далѣе уже не будетъ въ состояніи спускаться, то онъ окажется лишеннымъ возможности произвести дальнѣйшую работу, хотя вѣсъ его остается прежній.

Натянутая пружина можетъ произвести работу, но, производя ее, ея натяженіе непремѣнно ослабѣваетъ.

Скорость, пріобрѣтенная движущеюся массою, можетъ произвести работу; но при этомъ движеніе перейдетъ въ покой. Теплота можетъ произвести работу, но, производя ее, она исчезаетъ.

Химическія силы могутъ производить работу, но производя ее, онѣ уничтожаются. Наконецъ, электрическіе токи могутъ произвести работу, но для поддержанія ихъ, мы должны употребить или химическую, или механическую силу, или же теплоту.

Вообще можно сказать: общій характеръ всѣхъ извѣстныхъ силъ природы заключается въ томъ, что онѣ теряютъ свою работоспособность по мѣрѣ того, какъ производятъ работу.

Кромѣ того мы видѣли выше, что грузъ, свободно падая, или пріобрѣтаетъ скорость, или производитъ теплоту. Но мы могли бы падающій грузъ заставить вращать магнито-электрическую машину; тогда онъ давалъ бы намъ электрическій токъ.

Мы видѣли, что когда дѣйствуютъ химическія силы, то онѣ могутъ произвести или теплоту, или электрическій токъ, или же механическую работу.

Теплота, какъ мы видѣли, можетъ быть превращена въ механическую работу; но существуютъ аппараты (термо-электрическая цѣпь), въ которыхъ помощью теплоты получается электрическій токъ.

Теплота можетъ также непосредственно производить разложеніе химическихъ соединеній; напримѣръ, если обжигать известнякъ, то теплота заставляетъ выдѣляться углекислоту, причемъ остается известь.

Итакъ, каждый разъ, когда работоспособность одной силы природы уничтожается, на мѣсто ея появляется работоспособность другой.

Такимъ образомъ, въ ряду всѣхъ неорганическихъ силъ природы, каждая можетъ быть приведена въ состояніе, въ которомъ она способна произвести работу, причемъ она пріобрѣтаетъ эту способность отъ другой силы, находящейся уже въ этомъ состояніи. Связи между различными силами природы, открытыя совре-

менной физикой, столь многочисленны, что почти для каждаго изъ такихъ переходовъ могутъ быть найдены многіе и очень разнообразные пути.

Я указалъ, какъ обыкновенно производится измѣреніе механической работы и какимъ способомъ опредѣляютъ механическій эквивалентъ теплоты. Механическій эквивалентъ химическихъ процессовъ также можетъ быть опредѣленъ, зная количество теплоты, выдѣляемой при каждомъ изъ этихъ процессовъ.

На основаніи подобныхъ же соотношеній можно свести опредѣленіе механическихъ эквивалентовъ и всѣхъ остальныхъ силъ природы къ измѣренію механической работы.

Когда затрачивается извѣстное количество механической работы, то, какъ показываютъ всѣ опыты, всегда получается эквивалентное количество теплоты или химической силы. Обратно, когда затрачивается теплота, получается эквивалентное количество химической или механической рабочей силы; а когда затрачивается химическая—получаемъ эквивалентныя имъ теплоту или механическую работу. Такимъ образомъ, при всѣхъ взаимныхъ переходахъ различныхъ неорганическихъ силъ природы, работоспособность, исчезающая въ одной формѣ, появляется въ другой въ эквивалентномъ количествѣ, такъ что полное количество ея не уменьшается, не увеличивается, а всегда остается неизмѣннымъ.

Этотъ законъ справедливъ также и въ явленіяхъ органической жизни на сколько пока позволяютъ судить факты.

Изъ всего этого слѣдуетъ, что общая сумма работоспособности во всей природѣ при всѣхъ видоизмѣненіяхъ, происходящихъ въ ней, вѣчно и неизмѣнно остается одна и та же. Всякое видоизмѣненіе, происходящее въ природѣ, состоитъ въ томъ, что работоспособность мѣняетъ свою форму и свое мѣсто, не измѣняя при этомъ своего количества. Вселенная обладаетъ разъ на всегда опредѣленнымъ запасомъ работоспособности, который никакой смѣной явленій не можетъ быть измѣненъ, т. е. увеличенъ или уменьшенъ, и который обусловливаетъ всѣ измѣненія, происходящія въ ней.

Вы видите, что, начавъ съ разсмотрѣнія явленій, имѣющихъ ближайшее отношеніе лишь къ чисто практическимъ интересамъ технической работы, мы пришли къ общему закону природы, который, на сколько позволяетъ намъ судить теперешнее состояніе нашихъ знаній, управляетъ всѣми явленіями природы, и который не ограничивается узкими рамками практическихъ задачъ техники, но служитъ выразителемъ совершенно общаго и характернаго свой-

ства силъ природы. По своей общности этотъ законъ можетъ быть поставленъ на ряду только съ такими законами, каковы законы постоянства массы и неизмѣняемости химическихъ элементовъ.

Между прочимъ этотъ законъ окончательно разрѣшилъ важный практическій вопросъ, который не разъ поднимался втеченіе послѣднихъ двухъ столѣтій и для разрѣшенія котораго было произведено безчисленное множество опытовъ и построено не мало аппаратовъ. Это вопросъ о возможности perpetuum mobile. Perpetuum mobile должно было представлять собою машину, которая могла бы непрерывно двигаться и производить работу безъ затраты внѣшней силы. Рѣшеніе этой задачи обѣщало неисчислимыя выгоды. Такая машина имѣла бы всѣ преимущества паровой машины, но не нуждалась бы въ топливѣ. Работа—деньги; машина, которая изъ ничего могла бы производить работу, была бы равносильна машинѣ, дѣлающей золото.

Задача построить perpetuum mobile замѣнила съ нѣкотораго времени вопросъ о томъ, какъ дѣлать золото; на ней къ сожалѣнію помѣшались многія лица. Что perpetuum mobile не можетъ быть построено, примѣняя только извѣстныя механическія силы, могло быть доказано въ прошломъ столѣтіи при помощи уже развившейся тогда теоретической механики; но чтобы показать, что оно невозможно и въ томъ случаѣ, когда заставить дѣйствовать теплоту, химическія силы, электричество и магнетизмъ, для этого надо было открыть высказанный выше законъ въ его общей формѣ.

Возможность устроить perpetuum mobile отрицается закономъ сохраненія энергіи; и даже самое выраженіе, что perpetuum mobile невозможно, можетъ служить практической формой выраженія этого закона, такъ какъ этимъ высказывается, другими словами, что рабочая сила не можетъ быть создана изъ ничего безъ затраты другой.

Вы будете въ состояніи судить о важности и широкомъ примѣненіи этого закона, когда передъ вашими глазами явится цѣлый рядъ его примѣненій къ отдѣльнымъ явленіямъ природы.

Сдѣланныя мною сегодня указанія относительно происхожденія различныхъ силъ, которыми мы пользуемся, указываютъ намъ тѣсную связь, существующую между нашими лабораторіями и фабриками съ одной стороны, и великими явленіями въ жизни земли и вселенной—съ другой.

Вода, текущая съ горъ, обладаетъ силою, способной производить работу; но чтобы она могла течь, дождь и снѣгъ должны были падать на горы; а чтобы существовали дождь и снѣгъ,

долженъ въ атмосферѣ находиться водяной паръ, который можетъ образоваться только благодаря теплотѣ; теплота-же получается отъ солнца. Для приведенія въ дѣйствіе паровой машины нужно топливо; оно доставляется жизнью растеній: или жизнью нынѣ существующей, окружающей насъ растительности, или давно прекратившеюся жизнью, которая создала въ глубинѣ земли огромныя залежи каменнаго угля; а жизнь растеній находится въ тѣсной зависимости отъ солнечнаго свѣта.

Сила человѣка и животныхъ поддерживается питаніемъ, а всякая пища, въ концѣ концовъ, получается изъ растительнаго царства, и слѣдовательно опять мы приходимъ къ тому-же самому источнику.

И такъ, изслѣдуя происхожденіе силъ, служащихъ намъ, мы приходимъ къ метеорологическимъ явленіямъ, къ жизни растеній и вообще—къ солнцу.

О ЦѢЛИ И ОБЪ УСПѢХАХЪ

ЕСТЕСТВОЗНАНІЯ.

Глубокоуважаемое собраніе!

Слѣдуя полученному мною почетному приглашенію и выступая съ научнымъ докладомъ здѣсь, въ первое за этотъ годъ засѣданіе Общества Естествоиспытателей, я нахожу сообразнымъ со значеніемъ настоящей минуты и съ важностью этого засѣданія, вмѣсто обращенія къ частному предмету моихъ собственныхъ ученыхъ изслѣдованій, предложить вамъ лучше бросить взглядъ на развитіе цѣлаго круга естественныхъ наукъ, представители которыхъ здѣсь присутствуютъ. Этотъ кругъ обнимаетъ собою огромную область спеціальныхъ знаній, матеріалъ почти необъятнаго разнообразія, объемъ и внутреннее богатство котораго ежегодно растутъ, и этому росту пока нѣтъ возможности указать какихъ либо границъ. Въ первой половинѣ этого столѣтія у насъ былъ еще Александръ фонъ-Гумбольдтъ, который могъ обозрѣть всѣ тогдашнія знанія въ области естественныхъ наукъ до ихъ мельчайшихъ подробностей и привести ихъ въ тѣсную взаимную связь. Весьма однако сомнительно, чтобы и въ настоящее время эта задача могла быть рѣшена даже такимъ геніемъ какъ Гумбольдтъ, хотя бы онъ потратилъ на это все свое время и всѣ свои силы.

Мы же всѣ, работники на поприщѣ дальнѣйшаго созиданія отдѣльныхъ вѣтвей науки, можемъ употребить на одновременное изученіе другихъ частей ея только незначительную часть нашего времени. Предпринимая какое-либо отдѣльное изслѣдованіе, мы должны сосредоточить всѣ наши силы въ строго ограниченномъ кругѣ. Дѣло наше состоитъ не только въ томъ, чтобы, подобно историку или филологу, собрать и просмотрѣть книги, выискать всѣ свѣдѣнія о томъ, что другими уже сдѣлано въ области дан-

наго предмета; напротивъ, это только второстепенная часть нашей работы. Намъ нужно овладѣть самими предметами, причемъ каждый изъ нихъ представляетъ свои новыя и особыя трудности совсѣмъ иного рода, чѣмъ тѣ, съ какими имѣетъ дѣло ученый, черпающій изъ книгъ матеріалъ для своей работы. А то, чему посвящается больше всего времени и труда, является въ большинствѣ случаевъ второстепенною вещью, находящеюся только въ отдаленной связи съ цѣлью изслѣдованія.

Мы должны изучать ошибки приборовъ, устранять ихъ или, гдѣ этого сдѣлать нельзя, стараться уничтожать ихъ вліяніе на результаты изслѣдованія; мы должны уловить время и случай, чтобы наблюдать организмъ въ состояніи, необходимомъ для нашего изслѣдованія. Иногда, уже во время самаго изслѣдованія, мы усматриваемъ незамѣченныя раньше возможныя погрѣшности, искажающія результатъ, или, быть можетъ, заставляющія только подозрѣвать такое искаженіе, — и вотъ мы принуждены начинать нѣсколько разъ нашу работу съизнова, пока не будетъ устранена всякая тѣнь подозрѣнія. И только, когда наблюдатель такъ увлечется предметомъ своихъ изслѣдованій, что въ теченіе многихъ недѣль, мѣсяцевъ и даже лѣтъ не въ состояніи будетъ оторваться отъ него, пока не овладѣетъ всѣми мелочами и не увѣрится во всѣхъ тѣхъ выводахъ, какіе въ данную минуту возможно сдѣлать, только тогда появляется дѣльная и цѣнная работа. Каждому изъ васъ вѣроятно извѣстно, что при хорошемъ изслѣдованіи несравненно больше времени уходитъ на подготовительную работу, на изученіе возможныхъ ошибокъ и особенно на разграниченіе достижимыхъ въ данную минуту результатовъ отъ недостижимыхъ, чѣмъ собственно нужно для производства окончательныхъ наблюденій или опытовъ. Очень часто требуется болѣе остроумія и размышленія для того, чтобы справиться съ какимъ нибудь неподатливымъ кускомъ стекла или латуни, чѣмъ для составленія плана всего изслѣдованія. Каждый изъ васъ знакомъ съ тѣмъ нетерпѣливымъ возбужденіемъ при работѣ, когда всѣ мысли вращаются въ тѣсномъ кругѣ вопросовъ, значеніе которыхъ постороннему покажется маловажнымъ и пустымъ, потому что онъ не знаетъ цѣли, къ которой эта временная работа должна только отворить двери. Думаю, что не ошибаюсь, изображая въ такомъ видѣ работу и душевное состояніе, плодомъ которыхъ было достиженіе тѣхъ великихъ результатовъ, которымъ наши науки обязаны своимъ столь быстрымъ послѣ долгой остановки развитіемъ, и могущественное вліяніе которыхъ распространилось на всѣ стороны человѣческой жизни.

Поэтому, во всякомъ случаѣ, во время работы не слѣдуетъ уклоняться отъ нея слишкомъ въ сторону. Конечно, разъ всѣ препятствія удачно преодолѣны и результаты прочно установлены, наступаетъ, по самому ходу вещей, отдыхъ; интересъ сосредоточивается на опредѣленіи степени значенія только что установленныхъ фактовъ и на томъ, чтобы наконецъ опять обратить большее вниманіе на области, связанныя съ ними. Это необходимо, и только тотъ, кто способенъ на это, можетъ надѣяться, что у него и впредь будутъ благодарныя исходныя точки для слѣдующихъ работъ.

За первой работой слѣдуютъ дальнѣйшія, относящіяся къ другимъ предметамъ. Но и въ послѣдовательномъ рядѣ своихъ различныхъ работъ каждый изслѣдователь не долженъ уклоняться далеко отъ болѣе или менѣе опредѣленнаго направленія, потому что для него не то важно, что онъ изъ книгъ соберетъ свѣдѣнія, относящіяся къ области изслѣдованій. Конечно, человѣческая память необычайно вынослива и можетъ воспринять невѣроятную массу учености. Но естествоиспытатель нуждается не только въ знаніяхъ, почерпнутыхъ имъ изъ книгъ и лекцій, ему необходимы еще и такія, которыя можетъ дать только разностороннее и внимательное воспріятіе при помощи внѣшнихъ чувствъ; ему нужна опытность, которую онъ пріобрѣтаетъ только часто повторяемыми опытами и долгой практикой. Его органы чувствъ должны быть изощрены для извѣстнаго рода наблюденія, для воспріятія тонкихъ различій въ формѣ тѣлъ, въ ихъ окраскѣ, твердости, запахѣ и т. д.; его рука должна быть готова производить то работу кузнеца, слесаря и столяра, рисовальщика, или скрипача, то, если онъ работаетъ съ микроскопомъ, превосходить кружевницу въ управленіи иглой. Въ другихъ случаяхъ онъ долженъ обладать мужествомъ и хладнокровіемъ солдата, когда ему приходится имѣть дѣло съ могучими разрушительными силами, или когда онъ долженъ производить кровавыя операціи, то надъ людьми, то надъ животными. Такія способности и качества, которыя частію уже даются природой, а частію пріобрѣтаются или усовершенствуются долголѣтней практикой, не пріобрѣтаются такъ скоро и въ такомъ большомъ количествѣ, какъ это возможно было бы въ томъ случаѣ, если бы требовалось только обогащать память знаніями; и потому отдѣльный изслѣдователь принужденъ выбрать для своихъ работъ подходящее ограниченное поле и не выходить изъ того круга, который соотвѣтствуетъ его способностямъ.

Но мы не можемъ не сознаться, что, чѣмъ болѣе отдѣльный

изслѣдователь принужденъ съуживать поле своей работы, тѣмъ болѣе чувствуетъ онъ необходимость сохранить ее связь съ цѣлымъ. Откуда же почерпнетъ онъ силу и бодрость для своей тяжелой работы, въ чемъ найдетъ онъ увѣренность, что его трудъ не пройдетъ безполезно, но сохранитъ продолжительную цѣнность, если онъ не будетъ поддерживать въ себѣ убѣжденіе, что и имъ положенъ одинъ изъ камней въ зданіе науки, которая должна направить неразумныя силы природы къ служенію нравственнымъ цѣлямъ человѣчества?

Конечно, при отдѣльныхъ изслѣдованіяхъ не должно съ самаго начала ожидать непосредственно практической пользы, хотя практическимъ примѣненіемъ результатовъ естествознанія преобразована вся жизнь современнаго человѣчества. Но, обыкновенно, возможность этихъ примѣненій обнаруживается случайно, когда объ этомъ меньше всего догадывались; гоняться за ними не приводитъ обыкновенно ни къ какой цѣли, если не имѣть для этого очень надежной близкой точки опоры, такъ что остается только устранить отдѣльныя препятствія къ исполненію. Разсматривая исторію важнѣйшихъ изобрѣтеній, видимъ, что они или сдѣланы, особенно въ древнѣйшее время, работниками и ремесленниками, занимавшимися въ продолженіе всей своей жизни; работой одного рода и улучшившими способъ своей работы; они случайно или ощупью, сотни разъ повторяя одинъ и тотъ же опытъ, находили новые, лучшіе пріемы въ своей работѣ. Или — и это собственно имѣло мѣсто въ большинствѣ случаевъ при новѣйшихъ изобрѣтеніяхъ — это плоды глубокаго научнаго знакомства съ предметомъ, причемъ на первомъ планѣ отнюдь не стояло ожиданіе практической пользы.

Собраніе естествоиспытателей является какъ разъ представителемъ всей совокупности нашихъ наукъ. Здѣсь сошлись сегодня математикъ, физикъ и химикъ съ зоологомъ, ботаникомъ и геологомъ, преподаватель науки съ врачемъ, техникомъ и дилетантомъ, который интересуется естественными науками ради отдыха отъ другихъ занятій. Каждый надѣется найти здѣсь поощреніе для своихъ спеціальныхъ работъ и добиться признанія, что его работа способствовала обработкѣ большого цѣлаго, чего врядъ-ли онъ добьется инымъ путемъ, особенно, живя гдѣ-нибудь въ глуши; каждый надѣется также въ бесѣдѣ съ коллегами, болѣе или менѣе близко стоящими къ его спеціальности, найти себѣ предметъ для новыхъ изысканій. Мы видимъ здѣсь, къ нашей радости, большое количество участвующихъ изъ интеллигентнаго круга и замѣчаемъ среди нихъ даже вліятельныхъ государствен-

ныхъ дѣятелей. Всѣ они участвуютъ въ работахъ; они ожидаютъ отъ насъ дальнѣйшихъ шаговъ на пути развитія цивилизаціи и новыхъ побѣдъ въ борьбѣ съ силами природы. Они обязаны доставлять внѣшнія средства для нашихъ работъ, они и вправѣ требовать отъ насъ результатовъ этихъ работъ. По этому желательно, мнѣ кажется, чтобы здѣсь, именно въ этомъ собраніи, данъ былъ отчетъ объ успѣхахъ естествознанія вообще, о цѣляхъ, къ которымъ оно стремится, и о томъ, насколько оно подвинулось къ этимъ цѣлямъ.

Подобный отчетъ желателенъ; а что отдѣльный человѣкъ едвали будетъ въ состояніи разрѣшить эту задачу, хотя бы только приблизительно, можно вывести изъ сказаннаго выше. Приводу въ свое оправданіе только то, что не нашлось другого охотника взяться за эту задачу; мнѣ же казалось, что попытка представить, хотя бы на половину только удавшееся рѣшеніе, будетъ все же лучше, чѣмъ ничего. Кромѣ того физіологъ, можетъ быть, болѣе другихъ обладаетъ непосредственными основаніями для выработки себѣ извѣстнаго яснаго представленія о цѣломъ. Ибо, при теперешнемъ положеніи дѣлъ, физіологія особенно принуждена прибѣгать къ помощи всѣхъ другихъ отраслей естествознанія и оставаться съ ними въ связи. Именно въ физіологіи яснѣе всего выразилось значеніе большихъ успѣховъ, о которыхъ я намѣренъ говорить, и даже нѣкоторые изъ наиболѣе между ними важныхъ вызваны спорными вопросами въ области физіологіи.

Но если въ моемъ изложеніи и будетъ много недоговореннаго, я прошу снисхожденія отчасти въ виду громадности моей задачи, отчасти въ виду того, что настоятельное приглашеніе уважаемыхъ распорядителей этого собранія пришло ко мнѣ очень поздно и во время лѣтняго отдыха въ горахъ. Во всякомъ случаѣ мои пропуски будутъ достаточно пополнены въ засѣданіяхъ секцій.

Итакъ обратимся къ нашей задачѣ! Первый вопросъ, который представляется намъ, разъ мы собрались говорить объ успѣхахъ естествознанія вообще, слѣдующій: какой должны мы приложить масштабъ для измѣренія этихъ успѣховъ?

Для непосвященнаго эта наука есть собраніе необозримаго и пестраго множества отдѣльныхъ подробностей, между которыми однѣ отличаются своей практической полезностью, другія, какъ нѣчто необыкновенное, являются предметомъ удивленія. Но при такомъ положеніи несвязныхъ подробностей, даже если-бы нахожденіе каждой изъ нихъ, въ случаѣ надобности, было облегчено систематическимъ распредѣленіемъ, какъ это сдѣлано въ системѣ растеній Линнея или въ энциклопедическихъ словаряхъ, подобное знаніе не

заслуживало бы имени науки и не удовлетворяло бы ни научнымъ требованіямъ человѣческаго духа, ни требованію прогресса въ господствѣ человѣка надъ силами природы. Ибо первое требуетъ ясной разумной связи знаній, второе же — предвидѣнія послѣдствій въ еще неизвѣстныхъ случаяхъ и при условіяхъ, которыя мы намѣрены установить уже нашими дѣйствіями. Все это достигается только при помощи знанія закона явленій.

Цѣнны не отдѣльные наблюдаемые факты и опыты, хотя бы число ихъ было еще болѣе велико; сами по себѣ они пріобрѣтаютъ, какъ практическую, такъ и теоретическую цѣнность тѣмъ, что даютъ возможность узнать законъ цѣлаго ряда однородныхъ, повторяемыхъ явленій, или, быть можетъ, только отрицательно показываютъ, что знаніе такого закона, разсматриваемое донынѣ какъ полное, есть не полное. При строгой и всюду распространенной закономѣрности въ явленіяхъ природы иногда бываетъ достаточно одного наблюденія какого-нибудь соотношенія, которое мы должны считать строго закономѣрнымъ, чтобы на немъ можно было основать правило съ высшей степенью вѣроятности; такъ, напримѣръ, найдя полный скелетъ одного отдѣльнаго первобытнаго индивидуума, мы можемъ имѣть полное понятіе о скелетѣ даннаго рода животныхъ. И здѣсь отдѣльное наблюденіе не имѣетъ цѣны само по себѣ, но только потому, что оно даетъ намъ знаніе закономѣрности построенія тѣла цѣлаго рода организмовъ. Такимъ же образомъ, важно знаніе удѣльной теплоты только одного маленькаго кусочка новаго металла, потому что, безъ сомнѣнія, всякій другой кусокъ того же металла, будучи подвергнутъ тому же дѣйствію, обнаружитъ такія же свойства.

Найти законъ явленій, значитъ ихъ понять. Въ самомъ дѣлѣ, законъ есть всеобщее понятіе, подъ которое можно подвести рядъ одинаковыхъ явленій природы. Какъ въ понятіи о млекопитающемъ животномъ соединяемъ все то, что общо человѣку, обезьянѣ, собакѣ, льву, зайцу, лошади, киту, и т. д., такъ въ законѣ преломленія соединяемъ все то, что находимъ правильно повторяющимся каждый разъ, когда какой-либо лучъ свѣта какого-нибудь цвѣта проникаетъ въ какомъ-либо направленіи черезъ плоскость соприкосновенія какихъ-либо двухъ прозрачныхъ срединъ.

Но законъ природы представляетъ не только логическое понятіе, которое мы составили себѣ, какъ нѣчто вродѣ мнемотехническаго вспомогательнаго средства, чтобы лучше удержать въ памяти факты. Современные люди настолько стали проницательны, что понимаютъ, что законы природы не могутъ быть выдуманы

нами путемъ разсчета. Напротивъ, мы должны открывать ихъ въ фактахъ и провѣрять въ часто повторяемыхъ наблюденіяхъ и опытахъ, на новыхъ, единичныхъ случаяхъ, при постоянно измѣняемыхъ условіяхъ; наше довѣріе къ ихъ достовѣрности будетъ возрастать только по мѣрѣ того, какъ они будутъ выдерживать испытаніе при возрастающемъ разнообразіи условій, при все бо́льшемъ числѣ случаевъ и при болѣе точныхъ средствахъ для наблюденій.

Такимъ образомъ, законъ природы не является для насъ опредѣленной силой, которой мы можемъ распоряжаться произвольно и опредѣлять ее при помощи ума, какъ это бываетъ при составленіи различныхъ системъ животныхъ и растеній, гдѣ мы преслѣдуемъ только мнемотехническую цѣль—запомнить ихъ всѣ названія.

Когда мы узнали какой-нибудь законъ природы, то должны требовать отъ него, чтобы онъ удовлетворялъ всѣмъ случаямъ, что и будетъ признакомъ его справедливости. Если всѣ условія, необходимыя для дѣйствія закона наступили, то и результатъ долженъ получиться безъ произвола, безъ выбора и безъ нашего содѣйствія, такъ что дѣйствіе закона безпрекословно подчиняетъ себѣ какъ предметы внѣшней природы, такъ и наши познанія. Такимъ образомъ, законъ проявляетъ объективное дѣйствіе, и поэтому мы называемъ его силою.

Напримѣръ, мы представляемъ себѣ законъ лучепреломленія, какъ силу лучепреломленія прозрачнаго вещества; законъ химическаго избирательнаго сродства, какъ силу сродства различныхъ веществъ другъ къ другу. Въ этомъ смыслѣ говоримъ мы объ электродвижущей силѣ соприкосновенія металловъ, о силѣ прилипанія, о капиллярныхъ силахъ и другихъ. Такъ называются законы, обнимающіе только небольшой рядъ явленій природы, условія которыхъ еще довольно не ясны. Съ этого должно было начаться образованіе понятій въ естественныхъ наукахъ, пока нельзя было перейти отъ нѣсколькихъ хорошо знакомыхъ спеціальныхъ законовъ къ болѣе общимъ. При этомъ главнымъ образомъ необходимо было стараться устранить случайности формы и размѣщенія, которыя могли быть вызваны дѣйствующей массой; это достигалось тѣмъ, что изъ явленій, наблюдаемыхъ въ большой видимой массѣ, выводили законы для дѣйствія незримо маленькой частицы этой массы, т. е., выражаясь объективно, тѣмъ, что силы сложныхъ массъ разлагались на отдѣльныя силы мельчайшихъ первоначальныхъ частицъ ихъ. Изъ полученной простѣйшей формы выраженія силы, механической силы, дѣйствующей на частицу массы, ясно вытекаетъ, что сила есть изображеніе закона дѣйствія. Сила, опредѣляемая наличностью тѣхъ или другихъ тѣлъ, прирав-

нивается ускоренію, сообщенному массѣ, на которую она дѣйствуетъ, умноженному на самую массу. Фактическій смыслъ этого равенства заключается въ слѣдующемъ законѣ: присутствіе такихъ и такихъ-то массъ, при отсутствіи всѣхъ прочихъ, вызываетъ такія то и такія ускоренія отдѣльныхъ точекъ этихъ массъ. Послѣднее положеніе можетъ быть сопоставлено съ фактами и на нихъ провѣрено. Вводимое нами отвлеченное понятіе о силѣ прибавляетъ къ этому еще то, что законъ этотъ не придуманъ нами произвольно: онъ обнаруживается въ самомъ явленіи какъ нѣчто безусловно необходимое.

Такимъ образомъ, наше стремленіе понять явленія природы, т. е. найти управляющіе ими законы, можетъ быть формулировано иначе; вопросъ сводится къ отысканію силъ, служащихъ причиной явленій. Закономѣрность природы представляется причинной связью явленій, разъ признана независимость этой связи отъ нашей воли и нашей мыслительной дѣятельности.

Если обратимся къ исторіи нашихъ наукъ, то первый крупный примѣръ подчиненія обширной области разнородныхъ фактовъ одному общему закону находимъ въ теоретической механикѣ, основныя понятія которой впервые ясно установилъ Галилей. Вопросъ заключался тогда въ томъ, чтобы найти тѣ всеобщіе законы, кажущіеся намъ теперь само-собой понятными, а именно, что всякая масса инертна и что величина силы измѣряется не скоростью, а измѣненіемъ скорости. Дѣйствіе безпрерывно вліяющей силы представляли себѣ сначала какъ рядъ маленькихъ толчковъ. Только, когда Лейбницъ и Ньютонъ открытіемъ дифференціальнаго исчисленія разсѣяли темноту, въ которой находилось понятіе о безконечности, и выяснили понятіе непрерывнаго и непрерывно измѣняющагося — тогда только можно было перейти къ богатому и плодотворному примѣненію вновь открытыхъ механическихъ понятій. Самымъ подходящимъ и чуднымъ примѣромъ подобнаго примѣненія представлялось изученіе законовъ движенія планетъ, и я долженъ только напомнить о томъ блестящемъ примѣрѣ, который представляла астрономія для развитія всѣхъ другихъ естественныхъ наукъ. Въ ней, благодаря теоріи тяготѣнія, была соединена впервые огромная и запутанная масса явленій подъ однимъ весьма простымъ принципомъ и было достигнуто такое соотвѣтствіе теоріи и фактовъ, которое не могло быть установлено ни раньше, ни позже въ какой-либо другой области. Благодаря задачамъ астрономіи выработались почти всѣ точные способы измѣренія, а также была достигнута и большая часть успѣховъ новѣйшей математики; астрономія обратила на

себя вниманіе даже и людей, стоящихъ въ сторонѣ отъ научнаго движенія, отчасти благодаря возвышенности трактуемаго ею предмета, отчасти благодаря той пользѣ, которую она приносила мореплаванію, геодезіи и такимъ образомъ большой части промышленныхъ и соціальныхъ интересовъ.

Галилей началъ съ изученія тяжести земли, Ньютонъ распространилъ принципъ тяжести сначала осторожно и неувѣренно на луну, а затѣмъ смѣлѣе и на всѣ планеты. Новѣйшее время показало, что тѣ-же законы инертности и тяготѣнія, общіе всякой вѣсомой массѣ, опредѣляютъ собою пути даже самыхъ отдаленныхъ двойныхъ звѣздъ, какія только доступны нашему наблюденію.

Во второй половинѣ прошедшаго и въ первой половинѣ текущаго столѣтія къ этому присоединилось широкое развитіе химіи, фактически разрѣшившей, наконецъ, старѣйшій вопросъ о разысканіи элементовъ, вопросъ, съ которымъ связана такая масса метафизическихъ мудрствованій; и, какъ всегда въ такихъ случаяхъ дѣйствительность оказывается богаче, чѣмъ самыя смѣлыя и фантастическія предположенія, такъ и тутъ вмѣсто четырехъ прежнихъ метафизическихъ элементовъ: огня, воды, воздуха и земли, явились элементы новѣйшей химіи, число которыхъ впослѣдствіи увеличено было до 65. Наука доказала, что эти элементы дѣйствительно неразложимы, постоянны въ отношеніи массы и свойствъ, и это потому, что, приведенные въ любое соединеніе, они могутъ быть снова выдѣлены съ сохраненіемъ тѣхъ самыхъ свойствъ, какими они обладали когда либо раньше въ свободномъ состояніи. Во всей этой пестрой смѣси явленій, какъ одушевленной, такъ и неодушевленной природы, поскольку эти явленія доступны нашему изученію, во всѣхъ случаяхъ, представляемыхъ неожиданными результатами химическихъ процессовъ разложенія и соединенія, число и разнообразіе которыхъ наши химики съ неусыпнымъ приложеніемъ увеличиваютъ изъ года въ годъ, вездѣ господствуетъ съ одинаковой обязательностью одинъ законъ о неизмѣняемости матеріи. Вооруженная спектральнымъ анализомъ химія, проникнувъ въ глубину неизмѣримыхъ пространствъ, открыла на самыхъ отдаленныхъ небесныхъ свѣтилахъ и космическихъ туманностяхъ слѣды элементовъ, хорошо знакомыхъ на землѣ. Этимъ путемъ устраняется сомнѣніе въ тождественности веществъ, наполняющихъ вселенную, чему, во всякомъ случаѣ, не противорѣчитъ то обстоятельство, что нѣкоторые элементы встрѣчаются только на опредѣленныхъ группахъ небесныхъ тѣлъ.

Изъ такого постоянства элементовъ можно сдѣлать другой, болѣе широкій выводъ. Фактическими изслѣдованіями химія до-

казала, что всякая масса составлена изъ элементовъ, ею найденныхъ. Элементы могутъ вступать въ различныя соединенія и смѣси между собой, могутъ всячески измѣнять свое состояніе или молекулярное строеніе, т. е. могутъ быть измѣняемы ихъ относительныя положенія въ пространствѣ. По своимъ свойствамъ. наоборотъ, они являются совершенно неизмѣняемыми; т. е. если ихъ изолировать или перевести въ прежнее соединеніе или въ прежнюю смѣсь, то они обнаруживаютъ и всѣ тѣ свойства, которыми обладали раньше. Отсюда слѣдуетъ, что всякое измѣненіе въ мірѣ сводится къ измѣненію относительнаго расположенія въ пространствѣ первоначальной матеріи и это измѣненіе достигается движеніемъ.

Если же движеніе есть первоначальное измѣненіе, которое лежитъ въ основаніи всѣхъ другихъ измѣненій, въ мірѣ происходящихъ, то всѣ элементарныя силы суть силы движущія, и поэтому конечная цѣль естественныхъ наукъ заключается въ изученіи движеній, лежащихъ въ основаніи всевозможныхъ измѣненій и причинъ производящихъ эти движенія. Для достиженія этой цѣли приходится прибѣгнуть къ механикѣ.

Если это и представляетъ очевидно, послѣдній выводъ изъ доказаннаго качественнаго и количественнаго постоянства матеріи, то онъ всетаки остается только идеальнымъ требованіемъ, отъ осуществленія котораго мы еще очень далеки. Пока удалось только въ ограниченной области найти зависимость измѣненій отъ движеній и движущихъ силъ опредѣленнаго рода. Кромѣ астрономіи здѣсь можно еще назвать чисто механическіе отдѣлы физики; затѣмъ оптику, акустику и ученіе объ электричествѣ; въ ученіи о теплотѣ и въ химіи усердно работаютъ надъ составленіемъ опредѣленнаго представленія о формѣ движенія и о строеніи молекулъ; въ физіологическихъ наукахъ этотъ путь едва только намѣченъ въ весьма неопредѣленныхъ чертахъ.

Тѣмъ большее значеніе имѣетъ тотъ фактъ, что въ теченіе послѣдней четверти столѣтія сдѣланъ значительный шагъ впередъ, направленный какъ разъ къ указанной цѣли и имѣющій всеобщее значеніе. Если всѣ первоначальныя силы суть движущія и, слѣдовательно, всѣ одинаковой природы, то всѣ онѣ могутъ быть измѣрены одной мѣрой, именно мѣрою механическихъ силъ. А что это на самомъ дѣлѣ такъ, это можно считать уже доказаннымъ. Законъ, высказывающій это, извѣстенъ подъ именемъ закона сохраненія силы [1]).

---

[1]) См. примѣчанія на стр. 37.

Для ограниченнаго круга явленій природы этотъ законъ былъ высказанъ еще Ньютономъ; затѣмъ въ болѣе общей и опредѣленной формѣ Bernoulli, послѣ чего была признана его приложимость для большей части извѣстныхъ чисто механическихъ явленій. Нѣкоторыя обобщенія сдѣланы случайно, а именно въ работахъ Rumford'a, Humphrey Davy, Montgolfier. Первый составившій себѣ отчетливое и ясное представленіе объ этомъ законѣ и отважившійся высказать его абсолютно всеобщее значеніе; былъ докторъ Робертъ Майеръ изъ Гейльбронна (Robert Mayer, Heilbronn). Въ то время, какъ г. Майеръ былъ наведенъ на открытіе самой общей формы этого закона физіологическими вопросами, независимо отъ него и съ нимъ одновременно Joule въ Манчестерѣ, пришелъ къ тому же выводу, занимаясь вопросомъ чисто техническаго свойства. Joule'ю именно мы обязаны важными и трудными опытными изслѣдованіями въ той области, въ которой значеніе закона сохраненія силъ могло казаться сомнительнымъ и гдѣ существовали важнѣйшіе пробѣлы нашихъ фактическихъ знаній, а именно въ вопросахъ о произведеніи теплотой работы и работой теплоты.

Съ цѣлью ясной установки закона, въ противоположность раньше принятому Галлилеемъ понятію о напряженности силы, пришлось выработать новое механическое понятіе, которое мы можемъ назвать количествомъ силы; ему дали также названіе количества работы или энергіи.

Это понятіе о количествѣ силы было подготовлено, частію въ теоретической механикѣ понятіемъ о количествѣ живой силы движущейся массы, частію въ практической механикѣ понятіемъ о движущей силы, необходимой для непрерывности дѣйствія машины. Съ другой стороны опредѣляя, сколько фунтовъ данной силой можетъ быть поднято на высоту одного фута въ секунду времени, механики установили и мѣру, которою слѣдуетъ измѣрять каждую двигательную силу. Извѣстно, напримѣръ, что лошадиная сила равна двигательной силѣ, необходимой для поднятія 70 килограммъ на 1 метръ въ 1 секунду.

И въ самомъ дѣлѣ, однородность всѣхъ силъ природы, высказанная закономъ сохраненія силъ, обнаружилась въ машинахъ и въ необходимыхъ для приведенія ихъ въ движеніе двигательныхъ силахъ. Каждая машина, которая должна быть приведена въ дѣйствіе, нуждается въ механической движущей силѣ. Все равно, откуда бы ни взять эту движущую силу и какую бы форму она не имѣла, лишь бы она была довольно велика и дѣйствовала непрерывно. Мы пользуемся то паровой машиной, то гидравличе-

скимъ колесомъ, то турбиной, то лошадьми, то волами въ рудоподъемной машинѣ, то вѣтряной мельницей или, когда нужна небольшая сила, человѣческими руками, грузами или электромагнитною машиною. Которую изъ этихъ движущихъ силъ намъ выбрать, это опредѣляется только величиною необходимой намъ силы и выборомъ наиболѣе благопріятныхъ условій. Въ водяныхъ мельницахъ дѣйствуетъ тяжесть ниспадающей съ горъ воды. Этотъ запасъ воды, доставленный на горы метеорологическими процессами, и служитъ источникомъ движущей силы для мельницы. Въ вѣтряныхъ мельницахъ движущей силой является живая сила воздуха, приводящая въ движеніе крылья; эта сила есть также результатъ метеорологическихъ процессовъ въ атмосферѣ. Въ паровой машинѣ движущей силой служитъ упругость разогрѣтаго пара, толкающаго поршень взадъ и впередъ; движеніе это — результатъ тепла, развивающагося при горѣніи угля въ печи, т. е. результатъ химическаго процесса. Послѣдній и является здѣсь источникомъ движущей силы. При непосредственной же работѣ лошади или человѣческихъ рукъ механическую силу производятъ мускулы ихъ, возбужденные нервами. Но, чтобы живое тѣло могло пріобрѣсти мускульную силу, оно должно питаться и дышать. Питательныя вещества, принимаемыя имъ, образовавъ въ соединеніи съ кислородомъ вдыхаемаго воздуха углекислоту и воду, снова выдѣляются изъ него. Такимъ образомъ здѣсь опять-таки необходимъ химическій процессъ для постояннаго поддержанія силы мускуловъ. То же самое имѣетъ мѣсто и въ электро-магнитныхъ машинахъ нашихъ телеграфовъ.

Этимъ путемъ добываемъ мы необходимую движущую силу изъ самыхъ разнообразныхъ процессовъ природы, причемъ,—это необходимо теперь же замѣтить,—всегда только въ ограниченномъ количествѣ. Мы при этомъ каждый разъ расходуемъ нѣкоторое количество того, что дала намъ природа. Такъ въ водяной мельницѣ мы расходуемъ нѣкоторое количество воды, собранное на высотѣ, уголь—въ паровой машинѣ, цинкъ и сѣрную кислоту — въ электромагнитной машинѣ, питательныя вещества — въ работающей лошади; въ вѣтряной мельницѣ мы расходуемъ движеніе вѣтра, задерживаемое сопротивленіемъ ея крыльевъ.

Наоборотъ, имѣя въ своемъ распоряженіи какую-либо движущую силу, мы можемъ достигнуть разнообразныхъ дѣйствій. Мнѣ не приходится пересчитывать здѣсь несмѣтное разнообразіе промышленныхъ машинъ и производимую ими разнообразную работу.

Обратимъ лучше наше вниманіе на физическія различія возможныхъ результатовъ дѣйствія движущей силы. При помощи

ея мы можемъ поднимать тяжести. накачивать насосомъ воду, сжимать газы, приводить въ движеніе поѣзда желѣзной дороги, треніемъ производить теплоту. Мы можемъ пользоваться ею для приведенія во вращеніе магнито-электрической машины; послѣдняя дастъ электрическій токъ, разлагающій воду или другое химическое соединеніе съ самымъ сильнымъ сродствомъ, раскаляющій проволоку, намагничивающій желѣзо и т. д.

Такимъ образомъ, имѣя въ своемъ распоряженіи достаточный запасъ движущей силы, мы можемъ снова воспроизвести всѣ тѣ условія и состоянія, которыя были источникомъ добытой нами движущей силы.

Но въ виду того, что при опредѣленномъ процессѣ можетъ быть получено только ограниченное количество работы, ограничена и та сумма измѣненій, которую мы можемъ произвести при пользованіи опредѣленной движущей силой.

Эти наблюденія, сдѣланныя сначала на отдѣльныхъ машинахъ и физическихъ приборахъ, были сведены подъ одинъ законъ природы, имѣющій самое обширное значеніе. Каждое измѣненіе въ природѣ эквивалентно возникновенію или уничтоженію нѣкотораго количества движущей силы. Если производится движущая сила, то она можетъ проявить себя или въ формѣ движущей силы, или можетъ быть непосредственно израсходована для произведенія другихъ какихъ либо измѣненій эквивалентныхъ размѣровъ. Важнѣйшія опредѣленія этого эквивалента основаны на произведенныхъ Joule'емъ измѣреніяхъ механическаго эквивалента теплоты. Если мы приведемъ паровую машину въ движеніе при помощи теплоты, то потраченное при этомъ количество теплоты будетъ пропорціонально произведенной работѣ. А именно, теплота, которая можетъ нагрѣть опредѣленное вѣсовое количество воды на 1 градусъ Цельсія, способна, превращаясь въ работу, поднять то-же самое вѣсовое количество воды на высоту 425 метр. Обратно, когда мы треніемъ превращаемъ работу въ тепло, работа, необходимая для нагрѣванія опредѣленнаго вѣса воды на 1^{0}C., представляетъ ту работу, которую произвело бы то же самое количество воды при низверженіи съ высоты 425 метр. Химическіе процессы развиваютъ тепло въ опредѣленной пропорціи; этимъ обусловлена эквивалентная химическимъ силамъ движущая сила. Отсюда энергія силы химическаго сродства можетъ быть измѣрена механическою мѣрою. То же самое приложимо и ко всѣмъ другимъ родамъ силъ природы.

И такъ, дѣйствительно, результатомъ соотвѣтственныхъ изслѣдованій оказывается, что всѣ силы природы могутъ быть измѣ-

рены одною и тою же механическою мѣрою: всѣ силы, въ отношеніи ихъ работоспособности, эквивалентны чисто механическимъ силамъ. Въ этомъ заключается первый значительный шагъ, сдѣланный къ разрѣшенію обширной теоретической задачи — свести всѣ явленія природы къ движенію.

Приведенными до сихъ поръ разсужденіями имѣлось главнымъ образомъ въ виду выяснить логическое достоинство закона сохраненія силъ. Его фактическое значеніе для всеобщаго пониманія процессовъ природы сказывается въ величественной связи, устанавливаемой имъ между явленіями природы, независимо отъ пространства и времени. По этому закону вселенная является хранилищемъ нѣкотораго запаса энергіи, который не можетъ быть ни увеличенъ, ни уменьшенъ никакимъ процессомъ изъ всего пестраго разнообразія процессовъ природы. Запасъ этотъ сохраняется неизмѣннымъ по количеству, какъ неизмѣннымъ остается количество матеріи въ постоянномъ круговоротѣ явленій; онъ дѣйствуетъ въ пространствѣ, но онъ не можетъ быть, подобно матеріи, раздѣленъ въ пространствѣ.

Всякое измѣненіе въ мірѣ состоитъ только въ измѣненіи формы проявленія этого запаса энергіи. Энергія является то въ формѣ живой силы движущихся массъ, то въ формѣ правильныхъ колебаній, какъ напр. въ свѣтовыхъ и звуковыхъ явленіяхъ, то въ формѣ теплоты, какъ нѣкоторое неправильное движеніе невидимыхъ мельчайшихъ частицъ тѣла, то въ формѣ тяготѣнія массъ другъ къ другу, то какъ внутреннее давленіе и напряженіе упругихъ тѣлъ, то какъ химическое сродство, электрическій зарядъ или магнитное распредѣленіе. Исчезая въ одной формѣ, она непремѣнно возникаетъ въ другой; и тамъ, гдѣ мы наблюдаемъ появленіе новой формы энергіи, мы можемъ быть увѣрены, что она израсходована въ другой формѣ.

Исправленный Clausius'омъ законъ механической теоріи теплоты, извѣстный подъ именемъ закона Carnot, говоритъ, что эта перемѣна совершается постоянно въ опредѣленномъ направленіи, причемъ все бо́льшая и бо́льшая часть запаса міровой энергіи принимаетъ форму тепла.

Обратимся мысленно къ тому начальному состоянію, когда масса, изъ которой образовались міровыя тѣла, еще холодная, была распредѣлена во вселенной, вѣроятно, въ хаотической формѣ пара или пыли. Понятно, что она должна была нагрѣваться, стягиваясь подъ вліяніемъ тяготѣнія въ одно цѣлое. И теперь еще, посредствомъ спектральнаго анализа (метода, теоретическіе принципы котораго также вытекаютъ изъ механической теоріи теплоты),

мы находимъ остатки хаотической матеріи въ туманныхъ пятнахъ и въ массѣ метеоровъ и кометъ. Процессы образованія и развитія теплоты еще продолжаются, хотя въ близкой къ намъ области вселенной они почти повсемѣстно окончились. Бо̀льшая часть прежней энергіи той массы, изъ которой образовалась наша солнечная система, сохраняется въ настоящее время въ формѣ солнечнаго тепла. Но не вѣчно сохранитъ наша система эту энергію; она непрерывно испускается лучами въ безконечное пространство вселенной въ видѣ свѣта и тепла. Въ этомъ процессѣ лученспусканія участвуетъ и наша земля. Съ другой стороны, упавшая на землю солнечная теплота дастъ начало на поверхности земли вѣтрамъ и морскимъ теченіямъ, поднимаетъ изъ тропическихъ морей пары, которые, перенесясь черезъ материки и горы ручьями и потоками, втекаютъ обратно въ моря. Лучи солнца даютъ растеніямъ силу образовать вновь изъ углекислоты и воды горючія вещества, служащія пищею животнымъ. И такъ все это пестрое разнообразіе явленій органической жизни сводится къ дѣйствіямъ силъ, вѣчнымъ источникомъ которыхъ служитъ неистощимо богатый запасъ міровой энергіи.

Эта величественная картина связанныхъ воедино явленій природы была въ новѣйшее время изображаема неоднократно; поэтому я привожу ее теперь только въ главныхъ чертахъ. Если задача естествознанія сводится къ нахожденію законовъ, то дѣйствительно здѣсь сдѣланъ весьма важный шагъ впередъ.

Только что упомянутое приложеніе закона сохраненія силы къ явленіямъ міра животныхъ и растеній приводитъ насъ еще къ другой области, въ которой познаніе закономѣрности природы сдѣлало большіе успѣхи. Дѣло въ томъ, что упомянутый законъ имѣетъ также существеннѣйшее значеніе въ принципіальныхъ вопросахъ физіологіи. Этимъ объясняется, почему именно занятія физіологіей натолкнули Роберта Майера, да и меня самого, на изслѣдованія, относящіяся къ закону сохраненія силъ.

Что касается основныхъ положеній метода, то въ области неорганической природы давно уже не было никакихъ сомнѣній. Было ясно, что цѣль заключается въ отысканіи неизмѣнныхъ законовъ явленій, и не было недостатка въ примѣрахъ, указывающихъ, что такіе законы дѣйствительно могутъ быть найдены.

Существованіе незыблемой закономѣрности могло, однако, показаться сомнительнымъ среди величайшаго разнообразія явленій животной жизни въ ихъ связи съ душевной дѣятельностью и несомнѣнной цѣлесообразностью органическаго строенія. И дѣйствительно, физіологія издавна боролась съ принципіальными вопро-

сами: всѣ ли жизненныя явленія абсолютно закономѣрны или есть гдѣ либо больший или меньшій кругъ ихъ, въ которомъ господствуетъ свобода? Было распространено, да распространено еще и теперь, а именно внѣ Германіи, болѣе или менѣе прикрытое неяснымъ словами, воззрѣніе Парацельса (Paracelsus), Гельмонта (Helmont) и Сталя (Stahl), что органическими явленіями управляетъ «живая душа», болѣе или менѣе одаренная подобно сознающей душѣ человѣка. Правда, признавалось также и вліяніе неорганическихъ силъ природы на организмы: полагали, что живая душа можетъ управлять матеріей только путемъ физическихъ и химическихъ силъ самой матеріи и поэтому не можетъ ничего произвести безъ ихъ помощи; она можетъ только по своему усмотрѣнію задерживать эти силы или приводить ихъ въ дѣйствіе.

По наступленіи смерти, не связанныя уже больше вліяніемъ живой души или жизненной силы, эти химическія силы органической массы обусловливаютъ гніеніе.

Въ концѣ концовъ, будемъ ли мы говорить объ «Archäus», или объ «Anima inscia», или о жизненной силѣ, или о цѣлительной силѣ природы, существеннѣйшимъ аттрибутомъ этого господствующаго гипотетическаго начала виталистической теоріи, которому «душа» есть единственное подходящее названіе, является способность тѣла цѣлесообразно измѣняться и приспособляться къ внѣшнимъ обстоятельствамъ.

Ясно, однако, что такого рода представленіе прямо противорѣчитъ закону сохраненія силы. Если бы эта жизненная сила могла временно уничтожить тяжесть какого-нибудь груза, то грузъ этотъ можно было бы поднять на любую высоту безъ затраты работы, а затѣмъ, когда дѣйствіе тяжести будетъ снова возвращено, грузъ могъ бы произвести любое количество работы. Такимъ образомъ, оказалось бы, что можно произвести работу изъ ничего безъ компенсаціи. Если бы эта жизненная сила могла временно уничтожить химическое сродство угля къ кислороду, то углекислоту можно было бы разложить безъ затраты работы, послѣ чего свободные кислородъ и уголь снова могли-бы произвести работу.

Мы однако нигдѣ не находимъ слѣдовъ того, чтобы живой организмъ могъ произвести какое-либо количество работы безъ соотвѣтствующей затраты. Если мы примемъ во вниманіе только производство работы, то работа, производимая животными организмами, совершенно подобна работѣ паровыхъ машинъ. Животныя, какъ и названныя машины, могутъ двигаться и работать только тогда, когда они постоянно получаютъ матеріалъ для горѣнія (именно питательныя средства) и воздухъ, содержащій въ

себѣ кислородъ; и тѣ, и другія выдѣляютъ затѣмъ принятыя вещества въ сгорѣвшемъ состояніи, развивая при этомъ теплоту и работу. Имѣющіяся до сихъ поръ изслѣдованія относительно количества, теплоты, развиваемой животнымъ организмомъ въ состояніи покоя, вовсе не противорѣчатъ допущенію, что эта теплота строго эквивалентна работѣ, произведенной дѣйствующей въ данномъ случаѣ силой химическаго сродства. Работоспособность растеній находитъ во всякомъ случаѣ достаточно богатый источникъ силы въ лучахъ солнца, необходимыхъ имъ для увеличенія матерьяла, изъ которыхъ построенъ ихъ организмъ. Чтобы дѣйствительно доказать строгое соотвѣтствіе обѣихъ величинъ, безъ сомнѣнія слѣдуетъ еще предпринять точныя количественныя изслѣдованія израсходованныхъ и произведенныхъ эквивалентовъ силъ, какъ для растеній, такъ и для животныхъ.

Но если законъ сохраненія силъ имѣетъ мѣсто и для живыхъ существъ, то изъ этого слѣдуетъ, что физическія и химическія силы веществъ, затраченныхъ на ихъ построеніе, дѣйствуютъ безъ перерыва и безъ произвола и что ихъ строгая закономѣрность никогда не можетъ быть нарушена.

Итакъ физіологія и въ изслѣдованіи жизненныхъ явленій должна была считаться съ безусловною закономѣрностью силъ природы; она должна была съ напряженнымъ вниманіемъ слѣдить за физическими и химическими процессами, происходящими внутри организмовъ. Это чрезвычайно сложная и кропотливая работа, но за нее бодро взялись уже много работниковъ и можно сказать, что труды ихъ не остались безплодными: пониманіе жизненныхъ явленій въ послѣдніе 40 лѣтъ сдѣлало бо́льшіе успѣхи, чѣмъ передъ этимъ въ два тысячелѣтія.

Описательное естествознаніе, благодаря Дарвиновской теоріи послѣдовательнаго развитія органическихъ формъ, много способствовало уясненію основныхъ принциповъ ученія о жизни. Этой теоріей дана была возможность совершенно новаго толкованія цѣлесообразности въ строеніи организма.

Въ высшей степени удивительная и все болѣе и болѣе выясняющаяся, по мѣрѣ развитія науки, цѣлесообразность въ построеніи и отправленіи живыхъ существъ была, вѣроятно, главнымъ мотивомъ, требовавшимъ объясненія жизненныхъ явленій участіемъ въ нихъ начала, дѣйствующаго на подобіе души. Во всемъ окружающемъ насъ мірѣ мы знаемъ только одинъ рядъ явленій, носящій подобный характеръ. Это — поступки и дѣйствія разумнаго человѣка; и мы должны признать, что въ безконечномъ множествѣ случаевъ органическая цѣлесообразность въ

такой степени превосходитъ способности человѣческаго разума, что мы склонны отнести ее къ дѣйствіямъ скорѣе высшаго, чѣмъ низшаго порядка.

Поэтому до времени Дарвина были возможны только два объясненія органической цѣлесообразности, которыя оба въ концѣ концовъ приводили опять-таки къ участію разума въ ходѣ процессовъ природы. Или разематривали, сообразно виталистической теоріи, жизненные процессы, какъ постоянно направляемые живой душой; или объясняли происхожденіе всякаго отдѣльнаго живаго организма дѣйствіемъ сверхъестественнаго разума. Правда, послѣднее воззрѣніе допускало только въ сравнительно рѣдкихъ случаяхъ нарушеніе закономѣрной связи въ явленіяхъ природы, и этимъ самымъ дѣлало возможнымъ строго научное отношеніе къ явленіямъ, наблюдаемымъ въ настоящее время среди существующихъ нынѣ родовъ живыхъ существъ. Однако оно все-таки не было въ состояніи вполнѣ устранить эти нарушенія, и потому врядъ ли представляло какія нибудь существенныя преимущества по сравненію съ виталистической теоріей; послѣдняя находила очевидную поддержку въ естественномъ стремленіи найти для одинаковыхъ явленій одинаковыя причины.

Теорія Дарвина содержитъ существенно новую творческую мысль. Она показываетъ, какимъ образомъ цѣлесообразность въ образованіи организмовъ можетъ произойти безъ вмѣшательства разума, при помощи слѣпаго дѣйствія закона природы. Это есть законъ перехода изъ рода въ родъ индивидуальныхъ особенностей отъ родителей къ потомкамъ, — законъ давно извѣстный и признанный, ожидавшій только болѣе опредѣленной обработки. Если оба родителя обладаютъ одинаковыми индивидуальными особенностями, то послѣднія переходятъ и къ большинству потомковъ; если при этомъ нѣкоторые изъ потомковъ и обладаютъ этими особенностями въ болѣе слабой степени, за то у другихъ,— и число послѣднихъ обыкновенно значительнѣе,— наоборотъ, онѣ выступаютъ рѣзче. Если поэтому для размноженія пользоваться преимущественно послѣдними, можетъ быть достигнуто, и за потомствомъ закрѣплено все увеличивающееся и увеличивающееся усиленіе этихъ особенностей. На практикѣ этимъ пользуются садоводы и разводители животныхъ при разведеніи новыхъ породъ и разновидностей, закрѣпляя за ними по произволу тѣ или другія особенности. Результаты искусственнаго подбора съ научной точки зрѣнія могутъ быть разсматриваемы какъ подтвержденіе приведеннаго закона на опытѣ; въ громадномъ числѣ случаевъ такого рода опыты привели къ положительнымъ результатамъ съ различ-

ными видами изъ всѣхъ классовъ органическаго царства и въ отношеніи къ самымъ разнообразнымъ органамъ тѣла; они снова и снова повторяются тысячи разъ.

Послѣ того, какъ этимъ путемъ было установлено всеобщее дѣйствіе закона наслѣдственности, Дарвину оставалось только выяснить, какія послѣдствія долженъ имѣть этотъ законъ для дикихъ животныхъ и растеній. Извѣстно, что вѣроятность размноженія и передачи своихъ особенностей потомству у тѣхъ индивидовъ больше, которые въ борьбѣ за существованіе выдѣляются какими нибудь особенно благопріятными качествами. А этимъ обусловлено постепенно усовершенствующееся изъ поколѣнія въ поколѣніе приспособленіе всякаго рода живыхъ существъ къ обстоятельствамъ, среди которыхъ они живутъ,—приспособленіе продолжающееся до тѣхъ поръ, пока не выработается такой типъ, при которомъ всякое уклоненіе отъ него идетъ во вредъ индивиду. Типъ этотъ затѣмъ сохраняется неизмѣннымъ до тѣхъ поръ, пока не измѣнятся самыя внѣшнія условія его существованія. Живыя существа нашего времени достигли, повидимому, такого постояннаго состоянія; этимъ объясняется, почему по крайней мѣрѣ, за время существованія человѣчества по преимуществу наблюдается постоянство видовъ.

Еще и теперь спорятъ объ истинности или вѣроятности теоріи Дарвина; но споръ однако вращается исключительно около вопроса о границахъ, какія можно установить для способности родовъ измѣняться. Что среди организмовъ одного и того же рода можетъ быть достигнуто наслѣдственное измѣненіе породы тѣмъ путемъ, который указанъ теоріей Дарвина, и что многіе экземпляры, разсматриваемые какъ виды одного и того же рода, произошли отъ одного основного вида, — это едва ли могутъ отрицать его противники. Но должны ли мы этимъ ограничиться или, можетъ быть, мы должны признать, что всѣ млекопитающія животныя произошли отъ одной первой двуутробки, или, болѣе того, всѣ позвоночныя отъ одной первой ланцетной рыбки, или даже всѣ животныя и растенія, взятыя вмѣстѣ, изъ слизистой протоплазмы Эозоона (Eozoon);—рѣшеніе этихъ вопросовъ въ настоящее время обусловлено скорѣй воззрѣніями отдѣльныхъ изслѣдователей, чѣмъ фактами. Все болѣе и болѣе увеличивается число связующихъ членовъ между классами типовъ, повидимому, не допускающими объединенія; дѣйствительно, уже найдены доказательства перехода весьма различныхъ формъ другъ въ друга въ правильно расположенныхъ геологическихъ слояхъ; нѣтъ сомнѣнія, что число фактовъ, вполнѣ подтверждающихъ теорію Дарвина, увеличивается съ тѣхъ поръ, какъ возникъ интересъ къ ихъ розысканію.

Не забудемъ кромѣ того какую ясность внесла великая мысль Дарвина въ до сихъ поръ таинственное понятіе естественнаго сродства, естественной системы и соотвѣтствія органовъ у различныхъ животныхъ; не забудемъ, что благодаря его мысли были объяснены удивительныя повторенія образованія низшихъ животныхъ у эмбріоновъ высшихъ, развитіе палеонтологическихъ формъ, происходящее сообразно естественному сродству, и своеобразная родственность среди животныхъ и растеній, встрѣчающихся въ географически ограниченныхъ пространствахъ. Прежде естественное сродство казалось только загадочнымъ и совершенно лишеннымъ основанія подобіемъ формъ; теперь же оно превратилось въ сродство крови. Правда, естественная система напрашивалась на признаніе, какъ таковой, но теорія отрицала ее реальное значеніе; теперь она пріобрѣтаетъ значеніе родословной организмовъ. Факты палеонтологическаго и эмбріологическаго развитія и географическаго распредѣленія казались загадочными и чудесными до тѣхъ поръ, пока полагали, что всякій отдѣльный родъ произошелъ при помощи независимаго акта творенія, что бросало невыгодный свѣтъ на дѣятельность всемірнаго Творца, представляя Его дѣйствующимъ ощупью. Дарвинъ всѣ эти разрозненные области, представлявшія накопленія загадочныхъ чудесъ, связалъ идеей постепеннаго развитія и установилъ опредѣленныя понятія на мѣстѣ поэтическихъ образовъ и догадокъ, которыми еще Гёте, одинъ изъ первыхъ, объяснялъ факты сравнительной анатоміи и морфологіи растеній.

Этимъ была дана возможность опредѣленной постановки вопроса для дальнѣйшаго изслѣдованія, что во всякомъ случаѣ составляетъ крупный шагъ впередъ, даже если-бы оказалось, что теорія Дарвина обнимаетъ не всю истину, и что, на ряду съ указанными имъ вліяніями на измѣненіе органическихъ формъ, могутъ существовать и другія.

Теорія Дарвина относится къ ряду постепенныхъ измѣненій рода отъ поколѣнія къ поколѣнію. Съ другой стороны, извѣстно, что и отдѣльный индивидуумъ примѣняется до нѣкоторой степени къ условіямъ, среди которыхъ онъ живетъ, или, какъ мы говоримъ, приспособляется, и что такимъ образомъ и въ теченіи жизни отдѣльнаго индивидуума можетъ быть сдѣланъ нѣкоторый шагъ впередъ въ цѣлесообразномъ развитіи частей организма. Новѣйшіе результаты физіологіи показали, что какъ разъ въ той области органической жизни, гдѣ цѣлесообразность образованій, вызывая величайшее удивленіе, достигла наиболѣе полнаго выраженія, въ области чувственнаго ощущенія, это индивидуальное приспособленіе и играетъ особенно выдающуюся роль.

Кто не удивлялся вѣрности и точности свѣдѣній, получаемыхъ нами при помощи нашихъ чувствъ объ окружающей насъ природѣ, особенно при помощи проникающаго вдаль зрѣнія. Свѣдѣнія эти являются стимуломъ принимаемыхъ нами рѣшеній, совершаемыхъ нами дѣйствій; и только, когда наши чувства даютъ намъ правильное ощущеніе, мы можемъ ожидать правильности отъ нашихъ дѣйствій, можетъ ожидать, что результаты дѣйствій будутъ соотвѣтствовать нашимъ желаніямъ. На результатахъ нашихъ дѣйствій мы повѣряемъ точность свѣдѣній, сообщаемыхъ намъ чувствами, и на милліонъ ладовъ повторенные опыты показываютъ, почти безъ исключенія, что эта точность очень велика. По крайней мѣрѣ, тѣ исключенія, которыя мы называемъ обманами чувствъ, весьма рѣдки и вызываются только особенными, изъ ряду вонъ выходящими условіями.

Всякій разъ, когда мы протягиваемъ руку, чтобы схватить что нибудь, или ставимъ ногу, чтобы наступить на предметъ, мы должны прежде всего путемъ зрѣнія составить себѣ вѣрное представленіе о положеніи предмета, къ которому желаемъ прикоснуться, объ его формѣ, его разстояніи отъ насъ и т. д.; въ противномъ случаѣ намъ не удастся схватить его, или мы оступимся. Надежность и точность нашихъ чувственныхъ ощущеній должны быть развиты, по крайней мѣрѣ, до такой степени, какой могутъ достигнуть при хорошемъ упражненіи наши движенія; поэтому и вѣра въ достовѣрность нашихъ чувствъ не есть слѣпая вѣра; въ практической правдивости ихъ мы убѣждаемся постоянно безчисленными опытами.

Если это согласіе чувственнаго ощущенія съ его объектомъ, это основное положеніе всего нашего знанія, есть продуктъ органической творческой силы, то въ этомъ отношеніи творчество дѣйствительно достигло верха совершенства. Но именно здѣсь изслѣдованіе дѣйствительнаго положенія фактовъ немилосердно поколебало вѣру въ предустановленную гармонію внутренняго и внѣшняго міра.

Я умолчу о томъ, во всякомъ случаѣ неожиданномъ результатѣ офтальмометрическихъ и оптическихъ изслѣдованій, изъ котораго слѣдуетъ, что глазъ отнюдь не представляетъ собою оптическаго прибора болѣе совершеннаго, чѣмъ приборы, сдѣланные человѣческими руками; напротивъ, кромѣ неизбѣжныхъ недостатковъ каждаго діоптрическаго аппарата, у него есть еще и такіе, которые мы старались-бы исправить въ каждомъ искусственномъ приборѣ. Ухо также отнюдь не сохраняетъ намъ относительную силу внѣшнихъ звуковъ; оно разлагаетъ ихъ и измѣняетъ, усиливая и ослабляя въ зависимости отъ высоты тона.

Это уклоненіе кажется незначительнымъ въ сравненіи съ тѣми, которыя получаются при изслѣдованіи качества чувственныхъ ощущеній, при помощи которыхъ мы получаемъ понятіе о различныхъ свойствахъ внѣшнихъ предметовъ. Относительно послѣднихъ мы прямо можемъ привести доказательства того, что нѣтъ никакого сходства между качествомъ чувственныхъ ощущеній и качествомъ внѣшнихъ агентовъ, возбуждающихъ наши чувственныя ощущенія и передающихся черезъ нихъ.

Сущность этого была уже изложена въ законѣ І. Мюллера о специфической энергіи чувства. Согласно этому закону, каждому чувствительному нерву принадлежитъ особый видъ ощущеній и каждый изъ нихъ можетъ быть приведенъ въ дѣйствіе при помощи цѣлаго ряда возбудителей; съ другой стороны, одинъ и тотъ-же возбудитель можетъ вліять на различные органы чувствъ; вообще, въ каждомъ отдѣльномъ чувствительномъ нервѣ возбуждается только то ощущеніе, которое соотвѣтствуетъ особой специфической энергіи нерва. Въ глазномъ нервѣ возникаетъ только ощущеніе свѣта, въ слуховомъ—только ощущеніе звука, какъ это происходитъ,—это другой вопросъ. Отсюда самое яркое различіе въ качествахъ ощущеній, т. е. различіе между ощущеніями различныхъ чувствъ отнюдь не зависитъ отъ природы внѣшнихъ возбудителей, а только отъ природы соотвѣтствующаго нерва.

Дальнѣйшими изслѣдованіями область примѣненія этого закона Мюллера была еще расширена. Стало весьма вѣроятнымъ, что даже ощущенія различныхъ цвѣтовъ и тоновъ различной высоты, т. е. и качественныя различія какъ свѣтовыхъ ощущеній между собой, такъ и звуковыхъ, зависятъ отъ раздраженія различныхъ, надѣленныхъ различной специфической энергіей, волокнистыхъ системъ зрительнаго и слуховаго нервовъ. Этимъ путемъ безконечно большое разнообразіе цвѣтныхъ сочетаній сводится въ нашихъ ощущеніяхъ къ различію только въ трехъ отношеніяхъ, а именно къ сочетаніямъ трехъ основныхъ цвѣтовъ. Вслѣдствіе этого упрощенія различныя цвѣтовыя сочетанія могутъ казаться одинаковыми. При этомъ оказалось, что съ физической точки зрѣнія нельзя усмотрѣть между смѣшиваемыми цвѣтами никакого подобія, которое бы соотвѣтствовало субъективно воспринимаемой одинаковости цвѣта. Изъ этихъ и подобныхъ явленій выводится весьма важное заключеніе, что наши ощущенія по своему качеству суть только знаки внѣшнихъ объектовъ, а отнюдь не воспроизведенія ихъ съ тою или другою степенью сходства. Изображеніе должно быть въ какомъ нибудь отношеніи подобно своему объекту; напримѣръ, статуя имѣетъ одинаковую

форму съ изображаемымъ ею человѣческимъ тѣломъ; въ картинѣ сохраняются цвѣтъ и перспективныя проэкція. Для знака достаточно, чтобы онъ обнаруживался всякій разъ, когда происходитъ соотвѣтственное явленіе, причемъ между нимъ и этимъ явленіемъ, кромѣ одновременности ихъ появленія, нѣтъ никакого другого сходства. Только такого рода соотвѣтствіе и существуетъ между нашими чувственными ощущеніями и вызывающими ихъ объектами. Это—знаки, по которымъ мы выучились читать; это — языкъ, на которомъ говорятъ съ нами внѣшніе предметы. Путемъ упражненія и опыта мы должны научиться понимать этотъ языкъ, какъ свой родной.

Сказанное относится не только къ качественнымъ воспріятіямъ, но и къ воспріятіямъ нами пространственныхъ отношеній, если и не во всей ихъ совокупности, то во всякомъ случаѣ въ бо̀льшей и самой важной ихъ части. Особенное значеніе въ этомъ отношеніи пріобрѣло новѣйшее ученіе о бинокулярномъ зрѣніи и изобрѣтеніе стереоскопа. Въ результатѣ непосредственнаго ощущенія обоихъ глазъ безъ помощи психической дѣятельности оказались бы всего на всего два плоскихъ, нѣсколько отличныхъ другъ отъ друга изображенія внѣшняго міра,—изображенія о двухъ измѣреніяхъ въ томъ видѣ, въ какомъ они укладываются на обѣ сѣтчатыя оболочки глазъ; вмѣсто этого, мы находимъ въ нашемъ представленіи пространственное изображеніе окружающаго насъ міра, имѣющее три измѣренія. Мы узнаемъ при помощи чувствъ разстоянія не особенно удаленныхъ отъ насъ предметовъ такъ-же хорошо, какъ ихъ перспективное отношеніе другъ къ другу, и сличаемъ дѣйствительную величину двухъ различно удаленныхъ предметовъ, повидимому неравной величины, гораздо вѣрнѣе, чѣмъ кажущіяся одинаковыми величины хотя-бы пальца и луны.

Объясненія зрительныхъ пространственныхъ ощущеній, приложимое ко всѣмъ отдѣльнымъ фактамъ, можно, по моему мнѣнію, дать только тогда, когда мы, согласно Лотце, предположимъ, что ощущенія нервныхъ волоконъ, расположенныхъ не одинаково въ пространствѣ, обладаютъ извѣстными особенностями, т. е. мѣстными признаками, пространственное значеніе которыхъ мы должны еще изучи́ть. Существуютъ многочисленныя доказательства того, что можно достичь пониманія этихъ знаковъ путемъ перемѣщенія частей нашего тѣла, что можно при этомъ одновременно научиться совершать эти движенія съ извѣстной правильностью, чтобы результатъ движенія былъ какъ разъ ожидаемый, и чтобы фактъ достиженія результата становился намъ яснымъ опять-таки путемъ воспріятія.

Что опытъ играетъ важную роль при распознаваніи значенія зрительныхъ изображеній и въ сомнительныхъ случаяхъ имѣетъ даже окончательное, рѣшающее значеніе, съ этимъ согласятся даже тѣ изъ физіологовъ, которые желаютъ отстаивать прирожденную гармонію между чувствами и внѣшнимъ міромъ. Спорнымъ является пока только вопросъ о томъ, насколько велико у новорожденнаго участіе прирожденныхъ стремленій, облегчающихъ привычку къ уразумѣнію чувственныхъ ощущеній. Допущеніе такихъ стремленій не необходимо; оно даже скорѣе затрудняло-бы, чѣмъ облегчало объясненія аномалій, наблюдаемыхъ у взрослыхъ.

Изъ этого вытекаетъ, что полная и поразительная гармонія между нашими чувственными ощущеніями и вызывающими ихъ объектами, въ сущности, за нѣсколькими сомнительными исключеніями, является индивидуально пріобрѣтеннымъ приспособленіемъ, продуктомъ опыта, упражненія и воспоминанія прежнихъ случаевъ подобнаго рода.

Тутъ замыкается кругъ нашихъ разсужденій и мы возвращаемся къ нашей исходной точкѣ. Въ началѣ мы видѣли, что цѣль, къ которой должна стремиться наша наука, есть познаніе законовъ, т. е. познаніе того, какимъ образомъ въ различные моменты времени одинаковыя условія вызываютъ одинаковыя слѣдствія. Мы видѣли, какъ въ послѣдней инстанціи всѣ законы должны слиться въ одинъ законъ движенія. Наконецъ, мы видимъ, что наши чувственныя ощущенія служатъ только признакомъ измѣненій внѣшняго міра и имѣютъ значеніе картинъ только при представленіи послѣдовательности во времени. Именно поэтому они и въ состояніи непосредственно передавать закономѣрность во временной послѣдовательности явленій природы. Если въ природѣ одинаковыя условія ведутъ къ одинаковымъ результатамъ, то и человѣкъ, наблюдая при одинаковыхъ условіяхъ, замѣтитъ закономѣрное повтореніе впечатлѣній въ одинаковой послѣдовательности. И такъ, того, что даютъ намъ наши органы чувствъ, вполнѣ достаточно для рѣшенія задачи науки и для цѣлей практической дѣятельности человѣка, который долженъ опираться на знаніе законовъ природы, пріобрѣтенныхъ частью безсознательно на опытѣ, а частью сознательно путемъ научнаго изслѣдованія.

Заключая этимъ нашъ обзоръ, мы можемъ подвести удовлетворительный итогъ: наука о природѣ смѣло двинулась впередъ, и притомъ не къ отдѣльнымъ цѣлямъ, но въ тѣсной общей связи. Достигнутое обезпечиваетъ дальнѣйшіе успѣхи. Сомнѣнія въ строгой закономѣрности природы устранены, открылись болѣе общіе всесторонніе законы. Что это направленіе научнаго стрем-

ленія цѣлесообразно, особенно ясно доказали его значительные практическіе результаты; и да будетъ мнѣ теперь позволено поговорить отдѣльно о наукѣ, представителемъ которой я здѣсь являюсь. Именно въ физіологіи научная работа подвергалась парализующему вліянію сомнѣнія въ необходимой закономѣрности жизненныхъ явленій, и это сомнѣніе простиралось конечно и на находящуюся въ связи съ физіологіей практическую науку, медицину. Съ тѣхъ поръ, какъ серьезно и рьяно обратились къ естественному методу, къ точному наблюденію явленій и къ опыту, объ науки пріобрѣли такое развитіе, какого не могли достигнуть въ продолженіе тысячелѣтій. Я, какъ прежде практиковавшій врачъ, лично могу это засвидѣтельствовать. Мое образованіе совпало съ такимъ періодомъ развитія медицины, когда глубокомысленные и добросовѣстные умы приходили въ полное отчаяніе. Было не трудно понять, что старые, преимущественно теоретическіе методы изученія медицины оказывались совершенно несостоятельными; но съ этими теоріями такъ тѣсно были связаны лежащіе въ основаніи ихъ факты, пріобрѣтенные опытами, что и отъ нихъ пришлось отказаться. Но примѣръ другихъ естественныхъ наукъ указывалъ, въ какомъ направленіи надо начать перестройку наукъ; эта новая задача была неимовѣрно велика; для разрѣшенія ея едва было положено основаніе, причемъ первые шаги были очень грубы и неловки. Мы не должны удивляться, что тогда многіе честные, серьезно мыслящіе люди отвернулись съ чувствомъ неудовлетворенности отъ медицины или основательно предались преувеличенному эмпиризму.

Однако правильно поставленная работа принесла хорошіе плоды быстрѣе, чѣмъ многіе ожидали. Введеніе механическихъ понятій въ ученіе о циркуляціи и вдыханіи, лучшее пониманіе явленій теплоты, болѣе тонко выработанная физіологія нервовъ дали вскорѣ практическіе результаты величайшей важности; микроскопическое изслѣдованіе формъ паразитныхъ тканей и широкое развитіе патологической анатоміи постепенно приводили изъ туманныхъ теорій къ дѣйствительности. Такимъ образомъ открыли болѣе опредѣленныя особенности и явилось болѣе ясное пониманіе механизма и процессовъ болѣзни, чѣмъ то, которое давала старинная медицина со своимъ счетомъ пульса, изслѣдованіемъ выдѣленій и типами лихорадки. Если назвать тотъ отдѣлъ медицины, гдѣ выказалась наиболѣе блестящимъ образомъ вліяніе научнаго метода, то это именно терапія и паталогія глаза. Своеобразному устройству глаза благопріятствуетъ примѣненіе физическихъ методовъ изслѣдованія, какъ при нарушеніяхъ функціональныхъ, такъ точно

и при анатомическихъ поврежденіяхъ живаго органа. Обыкновенныя физическія средства, очки, то сферическія, то цилиндрическія, то призматическія, во многихъ случаяхъ достаточны для устраненія болѣзни, которая въ прежнее время дѣлала бы органъ на продолжительное время негоднымъ; съ другой стороны теперь можно при самомъ возникновеніи открыть и устранить большое количество неправильностей, которыя прежде замѣчались только тогда, когда уже наступала неизлѣчимая слѣпота. Поэтому наука о лѣченіи глаза, какъ дающая самыя благопріятныя точки опоры для научнаго метода, привлекла особенно много выдающихся изслѣдователей и быстро развилась до своего настоящаго положенія, благодаря которому она служитъ для остальныхъ отраслей медицины такимъ-же яснымъ образцомъ пригодности правильнаго метода, какимъ долгое время была астрономія для остальныхъ естественныхъ наукъ.

Въ то время, какъ въ успѣхахъ изслѣдованія неорганической природы участвовали всевозможныя націи Европы, новѣйшее развитіе физіологіи и медицины принадлежитъ преимущественно Германіи. Я уже указалъ на препятствія, мѣшавшія успѣху въ этой области. Вопросы о природѣ жизни тѣсно связаны съ вопросами психологическими и этическими. Прежде всего и здѣсь дѣло идетъ о неусыпной работѣ, которая должна быть выполнена для чисто идеальныхъ цѣлей, не имѣя ввиду близкую практическую пользу науки. И, конечно, мы можемъ гордиться, что наши нѣмецкіе изслѣдователи искони отличались этимъ воодушевленнымъ безкорыстнымъ прилежаніемъ, которое служитъ для внутренняго удовлетворенія, а не для внѣшняго успѣха.

Но, по моему мнѣнію, въ этомъ случаѣ рѣшающее значеніе имѣло нѣчто другое, а именно то обстоятельство, что у насъ, меньше, чѣмъ гдѣ либо, боятся результатовъ полной и прямой истины. Въ Англіи и во Франціи есть также превосходные изслѣдователи, которые были-бы въ состояніи работать съ полной энергіей и правильно примѣняя естественный методъ; но почти всегда они должны были подчиняться общественнымъ и церковнымъ предразсудкамъ, и если они хотѣли высказать свои убѣжденія, то могли это сдѣлать только въ ущербъ своему общественному вліянію и своей дѣятельности.

Германія выступила смѣлѣй; у нея была надежда, никогда ее не обманывавшая, что хорошо извѣстная истина приноситъ собой лекарство противъ вреда и опасности, которые могли вытекать изъ неполнаго познанія истины.

Трудолюбивый, умѣренный, строгій въ своихъ нравахъ народъ

можетъ смѣло отважиться взглянуть истинѣ прямо въ лицо; онъ не погибнетъ отъ созданія нѣкоторыхъ необдуманныхъ односторонныхъ теорій, если даже и окажется, что онѣ нарушаютъ основное положеніе нравственности и общества.

Здѣсь [1]) мы находимся вблизи южной границы нѣмецкой земли. Въ наукѣ мы можемъ не обращать вниманія на политическія границы, но наше отечество простирается такъ далеко, какъ далеко раздастся нѣмецкій языкъ, какъ далеко находятъ признаніе нѣмецкое прилежаніе и нѣмецкая неустрашимость въ стремленіи къ истинѣ. Что такое признаніе онѣ находятъ здѣсь, въ этомъ мы могли убѣдиться изъ гостепріимной встрѣчи и изъ прочувствованныхъ рѣчей, которыми насъ привѣтствовали. Здѣсь образуется молодой медицинскій факультетъ. Ему мы желаемъ на его жизненномъ пути, чтобы онъ развивалъ въ себѣ эти основныя добродѣтели нѣмецкой науки; тогда онъ сумѣетъ найти лекарство не только для тѣлесныхъ недуговъ; тогда онъ будетъ оживляющимъ центромъ для подкрѣпленія духовной самостоятельности, вѣрности убѣжденіямъ и любви къ истинѣ, центромъ для укрѣпленія чувства связи съ великимъ отечествомъ.

---

[1]) Въ Инсбрукѣ.

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТІЕ

ВЗГЛЯДОВЪ ФАРАДЭЯ

НА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

Высокочтимое собраніе!

Исполняя ваше лестное для меня желаніе, я рѣшаюсь сегодня обратиться къ вамъ съ рѣчью съ того самаго мѣста, откуда великій естествоиспытатель, память котораго мы чествуемъ, такъ часто поражалъ своихъ изумленныхъ слушателей разоблаченіемъ такихъ тайнъ природы, существованія которыхъ никто не подозрѣвалъ. Прежде всего я попрошу позволенія ограничить сегодняшнія мои разъясненія тою стороною его дѣятельности, съ которою я наиболѣе ознакомился на основаніи собственныхъ изслѣдованій и наблюденій, а именно ученіемъ объ электричествѣ. Къ тому же бо́льшая часть собственныхъ изслѣдованій Фарадэя была посвящена этому отдѣлу физики и въ этой области сдѣлалъ онъ свои наиболѣе выдающіяся открытія. Всѣмъ извѣстны факты, которые онъ здѣсь открылъ; всѣ учебники физики говорятъ о нихъ, всякій, изучающій естественныя науки, наблюдалъ ихъ. Вращеніе плоскости поляризаціи свѣта въ магнитномъ полѣ, явленіе діамагнетизма въ висмутѣ, діэлектрическая поляризація электрическихъ изоляторовъ—это все общеизвѣстныя вещи; каждый физикъ умѣетъ пользоваться вольтаметромъ для измѣренія электрическихъ токовъ, между тѣмъ какъ индукціонные токи заставляютъ говорить телефоны, приводятъ въ дѣйствіе онѣмѣлые мышцы и могутъ служить источниками электрическаго свѣта. Какъ первый, открывшій такіе многочисленные, важные и поразительные факты, Фарадэй встрѣтилъ всеобщее удивленіе и признаніе. Да и кто же могъ бы не понять ихъ значенія?

Однако, совершенно не такъ было дѣло съ представленіями, которыя онъ составилъ себѣ относительно внутренней сущности этихъ процессовъ, представленій, указавшихъ ему дорогу къ его поразительнымъ открытіямъ. Вначалѣ ихъ почти не понимали, мало обращали на нихъ вниманія и по большей части отвергали,

какъ странности. И въ самомъ дѣлѣ, они сильно отличались отъ привычныхъ способовъ научныхъ изложеній и только постепенно мы научились ихъ понимать. Существенная цѣль, которую онъ здѣсь преслѣдовалъ, заключалась въ томъ, что онъ хотѣлъ въ своихъ теоретическихъ представленіяхъ основываться на фактахъ уже наблюденныхъ или на такихъ, которые возможно наблюдать, старательно избѣгая всякой примѣси гипотетическаго элемента. Такимъ образомъ стремленіе его было направлено къ тому, чтобы произвести рѣшительный шагъ впередъ въ научной методикѣ, съ цѣлью освободить естествознаніе отъ послѣднихъ слѣдовъ метафизики. Фарадэй былъ не первый и не единственный изъ своихъ современниковъ, работавшихъ въ этомъ направленіи. Я уже имѣлъ случай, по другому поводу, указать на то, что Гёте составилъ себѣ подобный же идеалъ конечной цѣли изученія естествознанія; Александръ Гумбольдтъ также старался осуществить его. Но такъ радикально, какъ Фарадэй, конечно, не дѣйствовалъ ни одинъ изъ его современниковъ, и ни одинъ изъ нихъ не далъ новому принципу такого энергичнаго и плодотворнаго практическаго примѣненія.

Но всякое коренное измѣненіе основныхъ принциповъ и гипотезъ какой-либо науки необходимо влечетъ за собой образованіе новыхъ отвлеченныхъ понятій и непривычныхъ представленій, съ которыми современный имъ читатель только медленно сживается, если вообще онъ захочетъ дать себѣ этотъ трудъ. Смыслъ новаго отвлеченнаго понятія только тогда можетъ считаться вполнѣ уясненнымъ, когда хорошо обдуманъ и правильно отысканъ способъ примѣненія его къ существеннѣйшимъ группамъ отдѣльныхъ фактовъ, при чемъ группировать факты приходится, сообразуясь съ новымъ понятіемъ. Опредѣлить новое абстрактное понятіе общедоступнымъ языкомъ такъ, чтобы не возникли всякаго рода недоразумѣнія, по большей части очень трудно. Тому, кто вводитъ подобную новую идею, обыкновенно бываетъ гораздо труднѣе догадаться, почему другіе его не понимаютъ, нежели открыть самую новую истину. По отношенію къ Фарадэю къ этому присоединялось еще то обстоятельство, что онъ, какъ сынъ кузнеца и впослѣдствіи ученикъ переплетчика, не прошелъ той школы научной дисциплины, которую прошла большая часть его читателей.

Съ тѣхъ поръ какъ Клэркъ-Максуэллъ (Clerk Maxwell) далъ намъ математическое истолкованіе идей Фарадэя въ методически обработанной научной формѣ, мы, конечно, видимъ, какая строгая опредѣленность представленій и какая глубокая точность выводовъ скрывается за словами Фарадэя, которыя

его современникамъ казались такими темными и неопредѣленными. И въ высшей степени интересно видѣть, какое большое число теоремъ, методическое доказательство которыхъ требуетъ примѣненія высшихъ силъ математическаго анализа, нашелъ онъ какъ-бы инстинктивно, при посредствѣ нѣкотораго рода внутренняго созерцанія, не выводя ни одной математической формулы. Я не могу ставить въ вину современникамъ Фарадэя, что они не оцѣнили всего этого: я слишкомъ хорошо помню, какъ часто я самъ сидѣлъ, безнадежно разсматривая одно изъ его описаній линій силъ и ихъ числа и напряженія, или стараясь понять предложенія, въ которыхъ гальваническій токъ обозначается какъ ось силы и т. п. Одно какое-нибудь, замѣчательное открытіе конечно можетъ быть произведено вслѣдствіе счастливой случайности и еще не всегда доказываетъ, что ходъ разсужденій, приведшій автора къ этому открытію, былъ правильный и что самъ авторъ обладаетъ выдающимися способностями. Но было-бы противно всѣмъ законамъ вѣроятія, если бы такой богатый рядъ важнѣйшихъ открытій, какія произвелъ Фарадэй, проистекъ изъ представленій, не содержащихъ въ себѣ дѣйствительно вѣрнаго, хотя можетъ быть и глубоко скрытаго основанія истины. По отношенію къ Фарадэю мы, быть-можетъ, должны еще подумать и о томъ, что великіе благодѣтели человѣчества именно за лучшія дѣла свои рѣдко получаютъ признательность еще при жизни, и что новыя идеи обыкновенно тѣмъ медленнѣе прокладываютъ себѣ путь, чѣмъ болѣе основнаго онѣ въ себѣ содержатъ и чѣмъ болѣе онѣ приспособлены къ тому, чтобы произвести переворотъ въ научной дѣятельности.

Хотя многія изысканія Фарадэя по электричеству, произведенныя впрочемъ съ замѣчательнымъ вниманіемъ и добросовѣстностью, относятся повидимому къ вещамъ побочнымъ и неважнымъ, однако, при ближайшемъ разсмотрѣніи можно всегда найти ихъ связь съ двумя основными задачами естествознанія, изъ которыхъ одна разсматриваетъ сущность такъ называемыхъ физическихъ силъ, т. е. силъ, дѣйствующихъ на разстояніи, другая же—химическія силы, которыя дѣйствуютъ на неизмѣримо малыхъ разстояніяхъ отъ частицы къ частицѣ, а также отношеніе вторыхъ силъ къ первымъ.

Сегодня я могу дать только краткое описаніе того положенія, котораго въ настоящее время достигло ученіе объ электричествѣ по отношенію къ первой изъ этихъ двухъ задачъ. Споры, которые велись по этому поводу, еще не окончены; мнѣнія сильно расходятся, хотя, какъ мнѣ кажется, уже существуютъ основанія для

окончательнаго рѣшенія вопроса. Болѣе основательное разсмотрѣніе этихъ спорныхъ вопросовъ заставило бы насъ слишкомъ углубиться въ математическія и механическія задачи, и все-таки я не могъ бы, въ короткой публичной лекціи изложить доводовъ pro et contra, и указать способъ рѣшенія вопроса такъ, чтобы имѣть возможность разсчитывать привести моихъ слушателей къ основательному научному убѣжденію. И потому объ этой сторонѣ моей сегодняшней задачи я могу дать только краткій отчетъ, составленный сообразно моему собственному мнѣнію относительно этого вопроса. Однако я не хочу при этомъ умолчать, что нѣкоторыя лица, весьма извѣстныя въ наукѣ, именно нѣкоторые изъ моихъ соотечественниковъ, не придерживаются моего взгляда.

Великая и основная задача, которою занялся Фарадэй, былъ вопросъ, существуютъ-ли силы, дѣйствующія непосредственно на разстояніи безъ участія какой либо промежуточной среды? Въ прошедшемъ и нынѣшнемъ столѣтіяхъ гипотеза о силѣ притяженія, дѣйствующей между небесными свѣтилами, послужила примѣромъ почти для всѣхъ физическихъ теорій. Извѣстно, какъ медленно и осторожно вводилъ самъ Ньютонъ эту свою гипотезу, которой предназначено было послужить примѣромъ того, какъ плодородна и могущественна можетъ быть истинная научная метода. Позднѣе, подъ впечатлѣніемъ полученныхъ результатовъ, стали забывать о сомнѣніяхъ, которыя были еще такъ сильны у Ньютона и его современниковъ. Мы не должны удивляться, что затѣмъ послѣдователи Ньютона старались достигнуть тѣхъ же результатовъ, стремясь объяснить другіе физическіе процессы дѣйствіемъ на разстояніи. Явленія, представляемыя статическимъ электричествомъ и магнетизмомъ, казалось, имѣютъ особенно близкое сродство со всемірнымъ тяготѣніемъ, такъ какъ Кулонъ (Coulomb) нашелъ, что во всѣхъ трехъ случаяхъ дѣйствіе притягательныхъ и отталкивательныхъ силъ убываетъ съ увеличеніемъ разстоянія по одному и тому же закону, а именно обратно пропорціонально квадрату разстоянія.

Но затѣмъ появилось открытіе Эрстедта (Oerstedt) относительно движенія, производимаго магнитомъ при дѣйствіи гальваническаго тока. Электромагнитныя силы, вызывающія это движеніе, имѣютъ изумительный и своеобразный характеръ. А именно, повидимому, эти силы должны бы были заставлять однополюсный магнитъ безпрерывно вращаться по кругу, не достигая положенія, гдѣ-бы это вращеніе оканчивалось. Конечно, невозможно отдѣлить одинъ полюсъ магнита отъ другаго; тѣмъ не менѣе Ампоръ воспроизвелъ это безконечное круговое движеніе, заставивъ часть проводника двигаться вмѣстѣ съ магнитомъ.

Этотъ характеръ электромагнитныхъ силъ и послужилъ Фарадэю исходной точкой при его занятіяхъ электричествомъ. Онъ понялъ, что движеніе подобнаго рода не можетъ быть вызвано сочетаніемъ притягательныхъ или отталкивательныхъ силъ, дѣйствующихъ между двумя матеріальными точками. Къ этому выводу привело его повидимому инстинктивное предчувствіе закона сохраненія силъ; подобное предчувствіе появлялось у многихъ естествоиспытателей гораздо раньше, чѣмъ П. Джуль (Joule) придалъ этому закону строгое научное выраженіе и выполнилъ существеннѣйшіе пробѣлы въ эмпирическомъ его доказательствѣ. Если гальваническій токъ можетъ выше-описаннымъ способомъ привести магнитъ въ движеніе и вращать его съ возрастающею скоростью, то и обратно необходимо должно существовать дѣйствіе на токъ со стороны приводимаго въ движеніе магнита, вслѣдствіе котораго сила тока должна уменьшаться. Фарадэй произвелъ соотвѣтствующіе опыты и открылъ токи, возбуждаемые движеніемъ магнита, которые называются индуктированными токами. Онъ прослѣдилъ появленіе ихъ при различныхъ условіяхъ, при которыхъ они могутъ возникнуть. Онъ нашелъ, что электродвигательная сила, стремящаяся вызвать подобные токи, всегда и вездѣ появляется тамъ, гдѣ возникаетъ, увеличивается или уменьшается магнитная сила. Отсюда онъ заключилъ, что всякая часть пространства, въ которомъ дѣйствуютъ магнитныя силы, находится въ измѣненномъ состояніи, въ нѣкотораго рода натяженіи, и стремится возвратиться въ первоначальное состояніе, когда магнитныя дѣйствія прекращаются; а всякое измѣненіе этого состоянія отмѣчается появленіемъ электродвижущихъ силъ. Неизвѣстное гипотетическое состояніе промежуточнаго вещества назвалъ онъ, временно, электротоническимъ состояніемъ и затѣмъ въ теченіе цѣлаго ряда годовъ старался опредѣлить сущность этого электротоническаго состоянія. Онъ открылъ прежде всего въ 1838 году діэлектрическую поляризацію, которая возникаетъ въ электрическихъ изоляторахъ, когда они подвергаются притягательнымъ электрическимъ силамъ. Подобныя тѣла подъ вліяніемъ притягательныхъ электрическихъ силъ выказываютъ такіе же признаки установившагося въ нихъ распредѣленія электричества, какіе выказываетъ мягкое желѣзо по отношенію къ намагничиванію подъ вліяніемъ магнитныхъ силъ. Спустя одиннадцать лѣтъ, въ 1849 г., онъ наконецъ былъ въ состояніи доказать, что не только желѣзо и родственныя съ нимъ тѣла, но рѣшительно всякая вѣсомая матерія подъ вліяніемъ достаточно большой магнитной силы обнаруживаетъ ясно замѣтные слѣды намагничива-

нія. Одновременно съ этимъ открытыя имъ явленія діамагнетизма, повидимому, даже показываютъ, что пространство, освобожденное отъ всякой вѣсомой матэріи, или содержащійся въ этомъ пространствѣ свѣтовой эфиръ, можетъ намагничиваться. Дѣйствительно, явленія діамагнетизма объясняются всего проще и естественнѣе, если мы примемъ, что тѣ тѣла діамагнитны, которыя менѣе магнитны, нежели окружающая ихъ среда. Такимъ образомъ были указаны видимыя измѣненія въ средѣ, которыя могли соотвѣтствовать электротоническому состоянію, требуемому теоріей; тогда Фарадэй принялся выполнять въ своей головѣ работу, которая, по существу предмета, была бы по плечу только великому математику, не пользуясь при этомъ ни одной математической формулой. Онъ уяснилъ себѣ, что намагниченныя и діэлектрически поляризованныя тѣла должны имѣть стремленіе сжиматься по направленію проходящихъ черезъ нихъ линій силъ и расширяться по направленію перпендикулярному къ этимъ линіямъ. Тогда при помощи необыкновенно яснаго и живаго представленія, которое онъ составилъ себѣ объ этихъ процессахъ, онъ увидалъ, что система растяженій по одному направленію и сжатій по другому, пронизывающая все пространство около тѣла, наэлектризованнаго, намагниченнаго или подвергнутаго дѣйствію гальваническаго тока, въ состояніи объяснить всѣ явленія электрическаго, магнитнаго и электромагнитнаго притяженія, отталкиванія и индукціи, причемъ не приходится ссылаться на силы, дѣйствующія непосредственно на разстояніи. Въ этой части его пути только весьма немногіе могли за нимъ слѣдовать. Необходимъ былъ Клэркъ Максуэллъ, второй человѣкъ, обладавшій тою-же глубиною и самостоятельностью воззрѣній, чтобы выполнить въ обычныхъ формахъ систематическаго мышленія великое зданіе, планъ котораго начерталъ Фарадэй въ своемъ умѣ, которое онъ такъ ясно передъ собою видѣлъ и старался сдѣлать яснымъ и для своихъ современниковъ.

Едвали можно оспаривать, что эта новая теорія электрическихъ и магнитныхъ явленій, основателемъ которой былъ Фарадэй и которая была обработана Максуэллом̀ъ, сама по себѣ совершенно послѣдовательна, находится въ полномъ и точномъ согласіи со всѣми извѣстными и наблюденными фактами и ни въ одномъ изъ своихъ положеній не противорѣчитъ основнымъ аксіомамъ динамики, которыя до сихъ поръ оказывались точными законами для всѣхъ явленій природы; я подразумѣваю въ особенности законъ сохраненія силъ и законъ равенства дѣйствія и противодѣйствія. Особенно важнымъ подтвержденіемъ выше-

названной теоріи служитъ еще то, что, какъ доказалъ Максуэллъ, тѣ самыя свойства невѣсомой матеріи, наполняющей міровое пространство, которыя должны быть ей приписаны, чтобы объяснить явленія электричества и магнетизма, дѣлаютъ возможнымъ возникновеніе и распространеніе электрическихъ и магнитныхъ колебаній, которыя, подобно свѣтовымъ колебаніямъ, направлены перпендикулярно къ лучу и должны распространяться съ тою-же скоростью какъ и свѣтъ. Электричество, магнетизмъ и свѣтъ оказываются, поэтому, только различными состояніями и движеніями одной и той же среды. Слѣдуетъ упомянуть, что нѣкоторыя части теоріи свѣта выводятся легче и проще изъ этой новой гипотезы, нежели изъ прежней теоріи волнообразныхъ движеній Гюйгенса, которая приписываетъ свѣтовому эфиру свойства твердаго упругаго тѣла.

Однако же приверженцы непосредственнаго дѣйствія на разстояніи не переставали искать соотвѣтствующаго рѣшенія электромагнитной задачи. Уже Амперъ весьма остроумно и находчиво свелъ двигательныя силы, возникающія между двумя проволоками при прохожденіи черезъ нихъ токовъ, къ притягательнымъ и отталкивательнымъ силамъ, дѣйствующимъ на разстояніи; но ихъ можно было представить, какъ дѣйствующія не между двумя какими-нибудь точками, а между весьма малыми элементами длины проводника, потому что напряженіе ихъ выражалось въ видѣ довольно сложной функціи угловъ, составляемыхъ направленіями обоихъ элементовъ тока между собою и съ соединяющею ихъ прямою. Самъ Амперъ еще не зналъ индуктированныхъ электрическихъ токовъ. Но законы этихъ послѣднихъ можно было вывести при помощи его закона, воспользовавшись правиломъ, найденнымъ экспирментально Фарадэемъ, по которому токи, индуктированные движеніемъ магнита или проводника съ токомъ, всегда препятствуютъ этому движенію.

Общею математическою формулировкою вытекающаго отсюда закона для силы индуктированнаго тока мы обязаны Ф. Е. Нейманну (въ Кенигсбергѣ). Такъ какъ этотъ законъ былъ выведенъ изъ закона Ампера, то онъ также относился къ дѣйствію между двумя элементами длины проводниковъ, а не между двумя точками ихъ. Понятно, что взаимодѣйстіе такихъ элементовъ тока представляетъ нѣчто весьма сложное, сравнительно съ взаимодѣйствіемъ точекъ.

Я самъ публиковалъ нѣсколько математическихъ разсужденій по поводу закона Неймана, пріобрѣвшаго извѣстность подъ именемъ потенціальнаго закона; выраженный въ нѣсколько

обобщенной формѣ, этотъ законъ гораздо проще и охватывая большее число случаевъ, нежели первоначальный законъ Ампера, представляетъ различныя явленія въ замкнутыхъ проводникахъ согласно съ фактами и вполнѣ точно количественно во всѣхъ частныхъ случаяхъ. По большей части необыкновенно слабыя электродинамическія дѣйствія разомкнутыхъ токовъ, т. е. такихъ, которые приводятъ къ накопленію электричества въ отдѣльныхъ частяхъ проводника, были въ то время еще очень мало извѣстны. Мнѣ удалось доказать, что будучи приложенъ къ этому случаю, потенціальный законъ, по крайней мѣрѣ никогда не приводитъ къ противорѣчію съ общими аксіомами механики. Въ этомъ состоитъ, по моему мнѣнію, большое преимущество закона Неймана надъ всѣми другими извѣстными гипотезами относительно электрическаго дѣйствія на разстояніи. Отъ воззрѣній Фарадэя этотъ законъ отличается тѣмъ, что онъ приписываетъ электродинамическія дѣйствія только движенію электричества, происходящему внутри проводниковъ, а діэлектрическіе заряды, возникающіе въ изоляторахъ, находящихся между проводниками, разсматриваетъ, какъ не дѣйствующіе электродинамически.

Цѣлью моихъ математическихъ работъ въ этой области было найти, какого рода слѣдуетъ произвести опыты, чтобы рѣшить, которая изъ различныхъ возможныхъ теорій наиболѣе вѣроятна. Мнѣ удалось произвести подобный опытъ надъ электричествомъ, которое собирается на поверхности проводника, вращающагося въ магнитномъ полѣ [1]).

Этотъ опытъ рѣшилъ вопросъ въ пользу Фарадэя, съ потенціальнымъ же закономъ могъ онъ согласоваться только при допущеніи, что діэлектрическая поляризація, устанавливающаяся въ изоляторѣ, находящемся между двумя заряжающимися проводниками, есть движеніе электричества, имѣющее съ токомъ, заряжающимъ проводники, эквивалентнаго напряженія и эквивалентнаго дѣйствія.

Другіе физики, и между ними весьма выдающіеся, старались вывести электродинамическія явленія изъ допущенія дѣйствія на разстояніи силъ, возникающихъ между двумя количествами гипотетической электрической жидкости, причемъ напряженіе этихъ силъ должно было зависѣть не только отъ разстоянія между жидкостями, но также отъ ихъ скоростей и ускореній. Изъ этого класса теорій особенную извѣстность пріобрѣла теорія

---

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. 158. p. 87. Helmholtz, Wissenschaftliche Abhand. Bd. 1. p. 714. Leipzig. 1882.

В. Вебера (въ Гёттингенѣ); другая была найдена въ бумагахъ; оставшихся послѣ геніальнаго математика Римана (Riemann), третья была недавно публикована Клаузіусомъ (Clausius въ Боннѣ). Явленія, происходящія въ замкнутыхъ проводникахъ, вытекаютъ изъ всѣхъ этихъ теорій вполнѣ правильно и согласно; но съ другой стороны всѣ онѣ противорѣчатъ общимъ аксіомамъ динамики, если ихъ прилагать къ разомкнутымъ токамъ.

Если принять гипотезу Вебера, то равновѣсіе электричества оказывается неустойчивымъ во всякомъ проводникѣ, имѣющемъ умѣренную величину по тремъ направленіямъ; кромѣ того представляется возможнымъ получить безконечно большой эквивалентъ работы изъ тѣлъ, имѣющихъ конечную массу. Я не нахожу, чтобы возраженія, сдѣланныя относительно этого В. Томсономъ (W. Thomson) и П. Г. Тэтомъ (P. G. Tait), и которыя я самъ подробно развилъ, были ослаблены полемикой, которая велась по этому поводу. И потому ни одинъ защитникъ закона Вебера не былъ въ состояніи вывести изъ него примѣнимые законы для движенія электричества въ проводникахъ трехъ измѣреній, тогда какъ изъ другихъ законовъ, но заключающихъ въ себя той-же ошибки, они выводятся легко. Гипотеза Римана, которую онъ самъ, какъ было выше замѣчено, не публиковалъ, страдаетъ тѣмъ-же недостаткомъ и въ то-же время противорѣчитъ аксіомѣ Ньютона о равенствѣ дѣйствія и противодѣйствія. Гипотеза Клаузіуса свободна отъ перваго изъ этихъ недостатковъ, но не отъ втораго и самъ авторъ ея согласился, что для того чтобы ее освободить отъ этой ошибки, надо допустить существованіе среды, заполняющей міровое пространство, между которою, съ одной стороны, и электричествами, съ другой, дѣйствуютъ принимаемыя имъ силы. Такимъ образомъ и съ этой стороны мы приходимъ къ содѣйствію среды.

И такъ, современное развитіе этой вѣтви теоріи едвали допускаетъ другаго исхода, кромѣ принятія гипотезы Фарадэя, и вслѣдствіе этого возникаетъ надежда, что скоро всѣ различныя воззрѣнія соединятся въ этой одной гипотезѣ. Гипотеза Фарадэя въ настоящее время оказывается единственной, согласной со всѣми наблюдаемыми фактами, причемъ ни одно изъ слѣдствій, изъ нея выводимыхъ, не противорѣчитъ общимъ основнымъ законамъ динамики.

Клэркъ Максуэллъ развилъ эту теорію главнымъ образомъ для замкнутыхъ цѣпей. Я самъ въ послѣдніе года занимался слѣдствіями, получающимися для проводниковъ, не составляющихъ замкнутой цѣпи, и я могъ убѣдиться, что теорія находится

въ согласіи съ немногими фактами, до сихъ поръ собранными въ этомъ направленіи. Къ нимъ я причисляю: 1) колебательный разрядъ конденсатора черезъ проволочную катушку; 2) мои собственные опыты надъ электрическимъ зарядомъ поверхности проводника, вращающагося въ магнитномъ полѣ; 3) наблюденія Роулэнда (Rowland) надъ электромагнитными дѣйствіями вращающихся пластинокъ, заряженныхъ электричествомъ одного рода.

Рѣшающее вопросъ допущеніе, лежащее въ основѣ теоріи Фарадэя и устраняющее всѣ затрудненія различныхъ теорій, это—уже упомянутое нами допущеніе, по которому во всѣхъ изоляторахъ, находящихся между проводниками, возникаетъ, при заряженіи проводниковъ электричествомъ, діэлектрическая поляризація, при томъ съ такой силой, что связанное съ установленіемъ этого состоянія движеніе электричества можетъ быть разсматриваемо, какъ эквивалентное продолженіе тока, заряжающаго проводники. Если мы сдѣлаемъ это допущеніе, то всѣ токи окажутся замкнутыми; а для замкнутыхъ токовъ всѣ различныя выше упомянутыя теоріи приводятъ къ одинаковымъ выводамъ.

Но если мы введемъ такое допущеніе, то далѣе слѣдуетъ, что вліяніе силъ, дѣйствующихъ въ даль, если таковыя принять, должно изчезнуть сравнительно съ діэлектрическими и магнитными натяженіями въ изоляторахъ или въ эфирѣ, наполняющемъ пространство.

И такъ, гипотеза Фарадэя предполагаетъ появленіе опредѣленныхъ измѣненій, магнитной и діэлектрической поляризаціи, въ той части пространства, гдѣ проходятъ электрическія и магнитныя линіи силъ, которыя мы можемъ наблюдать по крайней мѣрѣ на столько, на сколько выказывается разность ихъ напряженій въ различныхъ веществахъ.

Дальнѣйшія гипотезы, которыя мы могли бы себѣ составить о сущности электричества и магнетизма, являются, сравнительно съ этимъ, безразличными. Намъ пока нѣтъ надобности останавливаться на которой либо изъ нихъ. Самъ Фарадэй, какъ истинный естествоиспытатель, по возможности избѣгалъ утверждать чего-либо положительнаго по поводу этой задачи, хотя съ другой стороны онъ не скрывалъ своего нерасположенія вѣрить въ существованіе двухъ противоположныхъ электрическихъ жидкостей.

Такъ-какъ я хочу теперь перейти къ разсмотрѣнію электрохимическихъ процессовъ, то мы должны по крайней мѣрѣ условиться относительно терминовъ, которыми я буду изображать эти процессы. Намъ придется говорить главнымъ образомъ объ электрическихъ количествахъ, а отношенія ихъ легче и опредѣ-

лѣннѣе всего выражаются на языкѣ старой дуалистической теоріи, по которой два противоположныхъ электричества разсматриваются, какъ двѣ невѣсомыя жидкости. Кромѣ того, это самый извѣстный изъ способовъ представленія, и потому я прошу у васъ позволенія выражаться языкомъ этой теоріи. Впрочемъ, я постараюсь на сколько возможно подражать Фарадэю, стремясь придерживаться области фактовъ и избѣгать того, чтобы выраженное въ гипотезѣ фигурально, какъ краткое описаніе явленія, производило какое-либо вліяніе на наше представленіе о фактахъ. Когда мы представляемъ себѣ два рода электричества, какъ субстанціи противоположныхъ знаковъ, то это только краткое выраженіе фактовъ, показывающихъ, что никогда не появляется и не исчезаетъ нѣкоторое количество положительнаго электричества безъ того, чтобы одновременно и притомъ въ непосредственной близи не появилось или не исчезло равное ему количество отрицательнаго электричества. Каждое количество само по себѣ не можетъ ни увеличиться, ни разрушиться какъ субстанція; и только соединясь съ равнымъ ему количествомъ противоположнаго электричества оно можетъ исчезнуть, по крайней мѣрѣ, для нашего наблюденія.

Первоначальное понятіе о субстанціи слѣдуетъ отличать отъ понятія о матеріи или веществѣ. Субстанція есть то, quod substat, то, что при различныхъ явленіяхъ остается количественно неизмѣннымъ, и въ этомъ древнѣйшемъ обширномъ смыслѣ слова мы во всякомъ случаѣ могли бы называть оба электричества субстанціями, если бы они были и невещественны по природѣ.

Я отлично понимаю, что старая дуалистическая гипотеза представляетъ довольно запутанную и искусственную систему для объясненія явленій и что математическій языкъ Клэрка Максуэлла выражаетъ законы фактовъ просто и вполнѣ точно, пользуясь гораздо меньшимъ числомъ гипотетическихъ допущеній. Но для доказательства того, что величина, заступающая въ теоріи Максуэлла мѣсто количества электричества, выказываетъ неизмѣнность субстанціи, необходимо было бы полное изложеніе этой теоріи, которое безъ математическихъ символовъ не легко произвести, а можетъ быть и понять. Вѣроятно въ этомъ обстоятельствѣ надо искать причину того, что до сихъ поръ [1]) теорія Максуэлла получила лишь небольшое распространеніе между учеными.

Изъ двухъ старыхъ гипотезъ объ электричествѣ я предпочитаю дуалистическую, хотя она допускаетъ двѣ невѣсомыя жидкости вмѣсто одной, потому что она въ своихъ выраженіяхъ сохра-

[1]) 1881 г.

нятъ фактическую симметрію между положительною и отрицательною сторонами электрическихъ явленій.

Ради этой симметріи сохраняю я дѣлаемое обыкновенно допущеніе, что во всякое вѣсомое тѣло всегда втекаетъ столько положительнаго электричества, сколько изъ него вытекаетъ отрицательнаго и наоборотъ. На самомъ дѣлѣ мы не знаемъ ни одного факта, который можно было бы разсматривать какъ слѣдствіе измѣненія запаса нейтральнаго электричества тѣла. Для цѣлей электрохимической теоріи, къ разсмотрѣнію которой мы сейчасъ приступимъ, дуалистическая гипотеза также гораздо удобнѣе, нежели унитарная, которая приписываетъ силы отрицательнаго электричества непосредственно вѣсомой матеріи.

И такъ, я перехожу теперь ко второй фундаментальной задачѣ, къ разъясненію которой стремился Фарадэй, а именно къ связи между электрическими и химическими силами.

Еще раньше, нежели Фарадэй началъ свои работы, Берцеліусъ установилъ электрохимическую теорію и нашелъ въ ней связь, позволявшую всѣ химическіе факты, извѣстные въ его время, соединить въ одну общую систему, разработка которой и была главнымъ трудомъ всей его жизни. Его исходною точкой въ этомъ случаѣ былъ рядъ, въ который Вольта распредѣлилъ металлы. Этотъ рядъ, какъ извѣстно, составленъ такъ, что каждый металлъ при соприкосновеніи съ однимъ изъ предыдущихъ заряжается отрицательно, а съ однимъ изъ послѣдующихъ—положительно. Начало или положительный конецъ ряда составляютъ легко окисляемые металлы, тогда-какъ другой, отрицательный конецъ составляютъ трудно окисляемые или благородные металлы. Чѣмъ дальше другъ отъ друга отстоятъ въ этомъ ряду два металла, тѣмъ сильнѣйшій электрическій зарядъ получаютъ они при взаимномъ соприкосновеніи; а отсюда далѣе слѣдуетъ, что подобныя, далеко другъ отъ друга отстоящія тѣла должны подъ вліяніемъ этого электрическаго заряда, особенно сильно притягиваться и при молекулярномъ соприкосновеніи тѣмъ сильнѣе другъ къ другу приставать. Эту способность возбуждать другъ въ другѣ электрическій зарядъ Берцеліусъ приписалъ всѣмъ другимъ элементамъ; сообразно съ этимъ онъ расположилъ ихъ, какъ Вольта металлы, въ рядъ, на положительномъ концѣ котораго онъ помѣстилъ калій, натрій, барій, кальцій и подобныя имъ вещества, тогда-какъ на отрицательномъ—кислородъ, хлоръ, бромъ и т. п. Два атома различныхъ элементарныхъ веществъ должны были при соприкосновеніи электрически заряжаться. Однако, представленія Берцеліуса о распредѣленіи противоположныхъ электричествъ

въ молекулахъ, и вытекающихъ отсюда слѣдствіяхъ относительно величины притягательной силы были не особенно опредѣленны и ясны и съ трудомъ связывались съ общими законами электрическаго дѣйствія на разстояніи, уже тогда развитыми Гриномъ (Green) и Гауссомъ (Gauss). Существенную часть его представленій составляло предположеніе, впослѣдствіе опровергнутое Фарадэемъ, по которому количество электричества, накопляющагося на двухъ соединенныхъ атомахъ, обусловливается величиною ихъ электрохимической противоположности. Отсюда должна была, далѣе, зависѣть сила ихъ взаимнаго притяженія и величина ихъ химическаго сродства. Отсюда же необходимо вытекало допущеніе, что химическія соединенія, главнымъ образомъ, бинарны. Два элементарныхъ вещества, изъ которыхъ одно представляетъ положительную, а другое отрицательную составную часть, могли образовать соединеніе перваго порядка — основаніе или кислоту; два соединенія перваго порядка могли составлять соединеніе втораго порядка, соль, когда положительная составная часть основанія съ одноименной, но болѣе слабо положительной составной частью кислоты обмѣнивались еще новымъ количествомъ электричества. Съ другой стороны Берцеліусъ допускалъ, что одинъ атомъ положительнаго элемента можетъ соединяться не только съ однимъ, но и съ двумя, съ тремя и такъ до семи атомовъ отрицательнаго элемента. Отъ этихъ допущеній новѣйшая химія совершенно отказалась. Но, несомнѣнно, въ основаніи его воззрѣній ложитъ частица правды. И, въ самомъ дѣлѣ, химики, не смотря на всѣ измѣненія въ современной наукѣ, продолжаютъ говорить о положительной и отрицательной составныхъ частяхъ соединеній. Нельзя отрицать, что противоположность въ свойствахъ, которую старался Берцеліусъ провести въ своей теоріи, дѣйствительно существуетъ и очень ясно выражена между конечными членами его ряда; у среднихъ же членовъ она выступаетъ менѣе ясно; нельзя также отрицать, что эта противоположность играетъ важную роль во всѣхъ химическихъ процессахъ, хотя она иногда незамѣтна вслѣдствіе побочныхъ обстоятельствъ.

Процессы, происходящіе при электролизѣ химическихъ соединеній, естественно казались Берцеліусу и его послѣдователямъ главною опорой электрохимической теоріи. Когда Фарадэй обратился къ изслѣдованію этихъ процессовъ, то онъ поставилъ себѣ очень простой вопросъ, такой, на который всякій химикъ, строившій теорію электролиза, по справедливости долженъ бы былъ прежде всего постараться отвѣтить. Это былъ вопросъ о количествѣ продуктовъ разложенія, которое могло быть получено

при посредствѣ электрическаго тока опредѣленной силы въ данный промежутокъ времени. Его опыты относительно этого вопроса немедленно привели его къ чрезвычайно важному закону, извѣстному подъ его именемъ, и который самъ онъ назвалъ закономъ опредѣленнаго электролитическаго дѣйствія (law of definite electrolitic action).

Когда онъ началъ рядъ своихъ опытовъ, то еще не были извѣстны постоянные гальваническіе элементы, ни Даніэля ни Грове; не имѣлось никакого средства установить гидроэлектрическіе токи постояннаго напряженія, а также не были разработаны методы измѣрять это напряженіе. Это можетъ служить извиненіемъ для его предшественниковъ. Самъ Фарадэй обошелъ эту трудность, пропуская одновременно одинъ и тотъ же токъ послѣдовательно черезъ два или нѣсколько сосудовъ, гдѣ происходило разложеніе. Прежде всего онъ доказалъ, что форма и величина сосудовъ, величина поверхности опущенныхъ въ нихъ металлическихъ пластинокъ и разстояніе между ними не оказываютъ замѣтнаго вліянія на результатъ разложенія. Сосуды, содержавшіе одну и ту-же разлагавшуюся жидкость между пластинками одного и того же металла давали всегда одно и то-же количество одинаковыхъ продуктовъ разложенія, когда черезъ нихъ пропускали одинаковый гальваническій токъ втеченіе одного и того-же времени. Когда это было установлено, тогда онъ сталъ сравнивать сосуды, содержавшіе различные электролиты и нашелъ, что въ нихъ всегда выдѣляется или переходитъ въ другія соединенія строго эквивалентное, въ химическомъ смыслѣ, количество различныхъ элементовъ.

Фарадэй заключилъ отсюда, что опредѣленное количество электричества не можетъ пройти черезъ сосудъ, содержащій подкисленную воду между двумя платиновыми электродами, не выдѣливъ на отрицательномъ электродѣ соотвѣтствующаго опредѣленнаго количества водорода, а на положительномъ эквивалентнаго количества кислорода, а именно одинъ атомъ послѣдняго на два атома перваго. Если въ другомъ сосудѣ будетъ выдѣляться какой-нибудь другой элементъ, могущій замѣщать водородъ въ его соединеніяхъ, то это будетъ происходить въ количествѣ, строго эквивалентномъ количеству водорода, выдѣлившагося въ то-же самое время. Если мы будемъ разсматривать эти факты съ точки зрѣнія современной атомистической теоріи, по которой атомы различныхъ элементарныхъ веществъ сообразно своей атомности эквивалентны одному, двумъ, тремъ или четыремъ атомамъ водорода, то мы можемъ законъ Фародэя выразить словами, что

одно и то-же количество электричества, протекая черезъ какой-либо электролитъ, всегда выдѣляетъ или переводитъ въ другія соединенія одно и то-же количество химическаго эквивалента на обоихъ электродахъ.

Такъ напримѣръ одинъ и тотъ же токъ выдѣляетъ 2H, или 2Na, или 2K, или одинъ Ba, Ca и Zn. Этотъ же токъ выдѣлялъ бы одно Cu изъ солей окиси мѣди, но [Cu+Cu] изъ солей закиси мѣди.

Простые или сложные кислотные остатки, выдѣляющіеся на другомъ электродѣ, очевидно пропорціональны количеству основнаго элемента, съ которымъ они были до этого соединены.

По выше-приведеннымъ теоретическимъ воззрѣніямъ Берцеліуса количества противоположныхъ электричествъ, собирающихся на мѣстѣ соединенія двухъ атомовъ, должны бы были возрастать вмѣстѣ съ увеличеніемъ ихъ сродства. Опытъ Фарадэя показалъ какъ разъ обратное, по крайней мѣрѣ для тѣхъ количествъ электричества, которыя обнаруживаются при электролитическихъ разложеніяхъ. Количество ихъ оказалось совершенно независящимъ отъ степени сродства. Это былъ роковой ударъ для теоріи Берцеліуса.

Съ того времени наши методы изслѣдованія и наши знанія законовъ электрическихъ процессовъ сдѣлали большіе успѣхи; устранены многія препятствія, лежавшія на пути Фарадэя при каждомъ его шагѣ, причемъ ему еще приходилось постоянно бороться противъ спутанныхъ представленій и неосновательныхъ теорій нѣкоторыхъ изъ его современниковъ. Первоначальный вольтаметръ Фарадэя, которымъ онъ измѣрялъ количество газа, получавшагося при разложеніи воды, чтобы опредѣлить такимъ образомъ напряженіе гальваническаго тока, замѣненъ гораздо болѣе точнымъ серебрянымъ вольтаметромъ Поггендорфа (Poggendorff), въ которомъ серебро изъ раствора его азотно-кислаго окисла выдѣляется на платиновую полоску, вслѣдствіе чего оказывается возможнымъ произвести весьма точное взвѣшиваніе выдѣлившагося серебра. Мы имѣемъ теперь гальванометры, которые не только указываютъ на присутствіе тока, но даютъ возможность измѣрить очень точно его напряженіе, будетъ-ли оно велико или мало, по величинѣ электромагнитнаго дѣйствія, при помощи наблюденія, которое можно произвести въ нѣсколько секундъ. Мы имѣемъ электрометры, какъ напр. квадрантный электрометръ В. Томсона, при помощи котораго можно измѣрять разность напряженій, равную одной сотой даніэлевскаго элемента. И мы можемъ сказать, что чѣмъ точнѣе становились методы изслѣ-

дованія, тѣмъ болѣе подтверждалась справедливость и широчайшая приложимость закона Фарадэя.

Вначалѣ, послѣдователи Вольтовой контактной теоріи гальваническихъ дѣйствій и послѣдователи электрохимической теоріи Берцеліуса дѣлали Фарадэю много возраженій. Возраженія эти частью основывались на томъ, что чувствительность гальванометровъ значительно переходила за границу точности, до которой могъ быть доведенъ химическій анализъ. Чувствительность эта была достигнута введеніемъ астатической стрѣлки Нобили, мультипликатора Швейгера (Schweiger) съ большимъ числомъ оборотовъ очень длинной мѣдной проволоки и метода Поггендорфа для измѣренія отклоненія магнита при помощи прикрѣпленнаго къ нему зеркальца. При помощи нашихъ новѣйшихъ гальванометровъ можно безъ труда и вполнѣ точно наблюдать токи, которые должны были бы продолжаться столѣтіе или даже полтора, чтобы разложить одинъ миллиграммъ воды, малѣйшее количество, которое еще стремятся взвѣшивать при химическихъ работахъ. Если подобный токъ продолжался всего нѣсколько секундъ или минутъ, то конечно не можетъ быть даже отдаленной надежды доказать существованіе химическихъ его продуктовъ. И даже если бы онъ продолжался гораздо дольше, то крошечное количество водорода, отложенное имъ на отрицательномъ электродѣ, можетъ снова исчезнуть, вслѣдствіе того, что въ жидкости растворились нѣкоторые слѣды атмосфернаго кислорода. При такихъ обстоятельствахъ слабый, однако же ясно ощущаемый гальванометромъ токъ, можетъ дѣйствовать неопредѣленно долгое время, не давая замѣтныхъ слѣдовъ химическаго разложенія. Даже гальваническая поляризація, которая вообще открываетъ всякое происшедшее разложеніе, можетъ отсутствовать. Гальванической поляризаціей называютъ, какъ извѣстно, измѣненное состояніе металлическихъ пластинокъ, получающееся послѣ того, какъ онѣ были употреблены электродами при разложеніи какого-либо электролита. Вслѣдствіе этого онѣ получаютъ способность самостоятельно возбуждать токъ, хотя бы раньше, чѣмъ онѣ были употреблены какъ электроды, онѣ при погруженіи въ жидкость оказывались совершенно одинаковыми и гальванически подѣятельными. Причину этого состоянія надо, повидимому, искать въ томъ, что электрически заряженные молекулы электролита переносятся токомъ къ металлическимъ поверхностямъ электродовъ, которые, будучи сами заряжены противоположнымъ электричествомъ, удерживаютъ ихъ вслѣдствіе электростатическаго притяженія. Въ томъ, что химическія составныя части электролита принимаютъ участіе

въ возбужденіи гальванической поляризаціи, нельзя сомнѣваться, потому что это состояніе можетъ быть произведено и уничтожено чисто химическими средствами. Такъ, поляризація возбужденная водородомъ, отложеннымъ электролитически, можетъ быть уничтожена атмосфернымъ кислородомъ. Если при посредствѣ гальванометра, но безъ батареи, соединимъ поляризованныя пластинки, оставивъ ихъ погруженными въ жидкость, то онѣ даютъ, какъ уже сказано, токъ, который проходитъ черезъ жидкость въ направленіи, противоположномъ тому, по которому шелъ поляризующій токъ, и уничтожаетъ поляризацію, почему его и можно назвать деполяризующимъ токомъ. Этотъ деполяризующій токъ является, дѣйствительно, очень тонкимъ средствомъ для открытія слѣдовъ происшедшаго разложенія. Но даже и тутъ можно потерпѣть неудачу, когда возникающая поляризація разрушается существованіемъ какого-нибудь другого химическаго дѣйствія, напримѣръ раствореннымъ атмосфернымъ кислородомъ. Чтобы этого избѣгнуть, надо произвести болѣе точные опыты этого рода въ герметически закупоренныхъ сосудахъ, изъ которыхъ старательно удаленъ весь воздухъ. Мнѣ недавно удалось достигнуть этого при помощи изображеннаго на фигурѣ 15 вполнѣ запаяннаго стекляннаго сосуда. Сосудъ этотъ заключаетъ въ себѣ воду, подкисленную сѣрной кислотой. Двѣ платиновыя проволочки *b* и *c*, концы которыхъ погружены въ жидкость и третья платиновая проволока, соединенная внутри сосуда со спиралью изъ палладія, могутъ быть употреблены, какъ электроды. Прежде чѣмъ запаявался верхній конецъ трубки, она соединялась съ водянымъ насосомъ и въ то же время при помощи двухъ элементовъ Гровo получался кислородъ на обоихъ электродахъ *a* и *b* тогда, какъ водородъ сгущался палладіемъ. Такимъ образомъ жидкость подъ низшимъ давленіемъ промывалась электролитическимъ кислородомъ и очищалась отъ всѣхъ другихъ газовъ. Послѣ того, какъ трубка запаявалась, еще при продолженіи этого процесса, небольшое количество оставшагося кислорода медленно соединялось съ водородомъ палладія въ воду. Слѣды водорода, еще быть можетъ содержащіеся на проволочкахъ *b* и *c*, можно совершенно перегнать къ палладію, при помощи слабой электродвигательной силы, которую можно заставить въ теченіе нѣсколькихъ дней дѣйствовать между *b* и *c* съ одной стороны и *a*—съ другой. Даже вновь образованное количество электролитическаго газа, которое могло

Фиг. 15.

бы още развиться послѣ запаиванія трубки, можно устранить продолжительнымъ дѣйствіемъ элемента Даніэля, который водородъ переводитъ къ палладію, гдѣ онъ сгущается, а кислородъ къ проволокамъ *b* и *c*, гдѣ онъ соединяется съ водородомъ, пока слѣды этого газа остаются растворенными въ жидкости. Остатки раствореннаго кислорода соединяются окончательно съ водородомъ, сгущеннымъ на палладіи.

Я убѣдился, что съ подобнымъ аппаратомъ можно наблюдать поляризацію, производимую въ нѣсколько секундъ токомъ, которому понадобилось бы цѣлое столѣтіе на то, чтобы разложить одинъ миллиграммъ воды. Но если бы даже появленіе поляризаціи не было-бы признано противниками строгой точности электролитическаго закона за достаточное доказательство происшедшаго разложенія, то въ настоящее время не трудно перевести показанія хорошаго гальванометра на абсолютныя единицы и вычислить количество вещества, котораго слѣдуетъ ожидать по закону Фарадэя, и такимъ образомъ убѣдиться, что во всѣхъ случаяхъ, гдѣ не могутъ быть открыты продукты электролиза, количество ихъ дѣйствительно слишкомъ мало для средствъ, которыми пользуется современный химическій анализъ.

Переносъ іоновъ. Продукты разложенія не могутъ появиться на электродахъ безъ того, чтобы не произошло движенія химическихъ элементовъ, составляющихъ электролитъ, по всей длинѣ пути тока, проходящаго черезъ жидкость. Относительно этого пункта большинство предшественниковъ Фарадэя были согласны между собою; но относительно рода движенія они имѣли различныя представленія. Фарадэй тотчасъ понялъ важность этого вопроса и снова обратился къ опыту. Онъ наполнилъ два сосуда одной и той же электролитической жидкостью и соединилъ ихъ проводникомъ, составленнымъ изъ асбестовой свѣтильни, смоченной той же жидкостью, такъ что онъ могъ отдѣльно опредѣлять количество составной части жидкости, переведенной на тотъ и на другой конецъ нѣти. Чтобы опредѣленно обозначать направленіе движенія онъ ввелъ, какъ извѣстно, весьма цѣлесообразную терминологію. Онъ обозначилъ атомы или группы атомовъ, перемѣщаемыхъ токомъ, греческимъ словомъ іоны, т. е. странствующіе и, сравнивая теченіе положительнаго электричества съ потокомъ воды, стекающимъ съ горы, онъ назвалъ катіономъ (нисходящій) тѣ составныя части, которыя передвигаются вмѣстѣ съ положительнымъ электричествомъ, и аніономъ (восходящій) тѣ, которые двигаются съ отрицательнымъ электричествомъ. Катіонъ направляется къ катоду, т. е. къ тому электроду, къ кото-

рому примыкаетъ + E жидкости, а аніонъ къ аноду, отъ котораго электричество того же знака течетъ въ жидкость. По общему правилу катіонъ въ химическихъ соединеніяхъ электролита можетъ быть замѣщенъ водородомъ; аніоны суть простые или сложные кислотные остатки.

Именно эти процессы были тщательно изслѣдованы для большаго числа электрическихъ процессовъ профессоромъ Гитторфомъ (Hittorff) въ Мюнстерѣ и профессоромъ Густавомъ Видеманномъ (Wiedemann) въ Лейпцигѣ. Они нашли, что обыкновенно аніонъ и катіонъ перемѣщаются внутри жидкости съ различною скоростью. Недавно профессоръ Ф. Кольраушъ (Kohlrausch) въ Вюрцбургѣ открылъ и доказалъ въ этой области законъ чрезвычайной важности, а именно, что въ достаточно слабыхъ растворахъ солей, включая сюда гидраты кислотъ и ѣдкія щелочи, каждый іонъ подъ вліяніемъ одинаковаго паденія потенціала, т. е. будучи приводимъ въ движеніе одинаковою электрическою силою, перемѣщается съ свойственною ему скоростью, независимо отъ того, перемѣщаются ли черезъ жидкость въ то же время другіе іоны по тому же или по противоположному направленію.

Изъ катіоновъ имѣетъ наибольшую скорость электролитическаго перемѣщенія водородъ; далѣе слѣдуютъ по порядку калій, аммоній, серебро, натрій; далѣе двуатомные барій, мѣдь, стронцій, кальцій, магній, цинкъ; близко къ послѣднему стоитъ одноатомный литій. Изъ аніоновъ первый—гидроксилъ (OH), далѣе слѣдуютъ одноатомные іодъ, бромъ, ціанъ, хлоръ, сложные кислотные остатки NO_3, ClO_3, соотвѣтствующіе двумъ атомамъ кислотные остатки сѣрной и угольной кислотъ, наконецъ фторъ и кислотный остатокъ уксусной кислоты. Единственное исключеніе изъ вышеприведеннаго правила состоитъ въ томъ, что іоны, соединенные съ двухатомными іонами противуположнаго рода, отчасти передвигаются въ жидкости медленнѣе тѣхъ, которые соединены съ однимъ или двумя одноатомными іонами. Объясненіе этого лежитъ, быть можетъ, въ томъ, что напримѣръ при электролизѣ сѣрной кислоты бо́льшая часть ея атомовъ SO_4H_2 распадается на SO_4 и H_2, но нѣкоторые также на SO_4H и H. Въ послѣднемъ случаѣ нѣкоторые атомы водорода возвратились бы назадъ съ аніономъ SO_4H, черезъ что средняя скорость передвиженія водорода къ катоду казалось бы уменьшенной.

Когда передвигаются оба рода іоновъ, то на каждомъ электродѣ мы найдемъ выдѣлившимся 1) ту часть выдѣляющагося іона, которая была сюда переведена электролизомъ, 2) вторую часть, которая освободилась черезъ удаленіе противоположнаго іона. По-

этому общая сумма химическаго движенія въ каждомъ поперечномъ сѣченіи жидкости получается изъ суммы эквивалентовъ катіона, перенесенныхъ по направленію тока и аніона, перенесенныхъ противъ теченія тока, совершенно такъ, какъ въ дуалистической теоріи электричества общая сумма электричества, протекшаго черезъ поперечное сѣченіе проводника, должна быть исчислена, какъ сумма положительнаго электричества, протекающаго впередъ и отрицательнаго, протекающаго назадъ.

Теперь мы можемъ выразить законъ Фарадэя сказавъ, что черезъ всякое поперечное сѣченіе электрическаго проводника происходятъ всегда эквивалентныя другъ другу электрическое и химическое движенія. Постоянно одно и тоже опредѣленное количество положительнаго или отрицательнаго электричества передвигается съ каждымъ одноатомнымъ іономъ или съ каждымъ эквивалентомъ многоатомнаго іона, и неразлучно сопровождаетъ его во всѣхъ передвиженіяхъ, совершаемыхъ имъ черезъ жидкость. Это количество мы можемъ назвать электрическимъ зарядомъ іона.

Я прошу замѣтить, что до сихъ поръ мы говорили только о явленіяхъ, которыя можно наблюдать. Движеніе электричества можетъ быть измѣрено для всего поперечнаго сѣченія каждаго проводника и даже можетъ быть опредѣлено для всякаго неизмѣримо малаго элемента сѣченія внутри проводника при помощи вполнѣ обоснованныхъ теоретическихъ соображеній. Тоже самое можно сказать о переносѣ составныхъ частей электролита. Эквиваленты химическихъ элементовъ и соотвѣтствующія имъ электрическія количества суть числа, которыя даютъ вполнѣ точныя и легко наблюдаемыя отношенія. Что постоянное отношеніе химическихъ соединеній зависитъ отъ существованія недѣлимыхъ атомовъ, можетъ показаться гипотезой; но въ настоящее время мы не знаемъ никакой другой достаточно ясной и разработанной теоріи, которая была бы въ состояніи объяснить всѣ наблюдаемые въ химіи факты такъ просто и послѣдовательно, какъ атомистическая теорія современной химіи.

Если примѣнить эту гипотезу къ электрическимъ процессамъ, то она, въ соединеніи съ закономъ Фарадэя, приводитъ къ поразительнымъ слѣдствіямъ. Если мы допускаемъ существованіе химическихъ атомовъ, то мы принуждены заключить отсюда далѣе, что также и электричество, какъ положительное, такъ и отрицательное, раздѣляется на опредѣленныя элементарныя количества, которыя играютъ роль атомовъ электричества. Каждый іонъ, пока онъ передвигается въ жидкости, долженъ быть соединенъ съ

однимъ эквивалентомъ электричества для каждаго своего сродства. Только на пограничныхъ поверхностяхъ электродовъ можетъ произойти раздѣленіе; если здѣсь дѣйствуетъ достаточно большая электродвигательная сила, то іоны могутъ отдавать свое электричество и дѣлаться электрически нейтральными.

Одинъ и тотъ же атомъ можетъ быть въ различныхъ соединеніяхъ заряженъ электрическими эквивалентами противоположныхъ знаковъ. Уже Фарадэй указалъ на сѣру, какъ на одинъ изъ элементовъ, который можетъ быть и аніономъ и катіономъ. Она является аніономъ въ расплавленномъ сѣрномъ серебрѣ и быть-можетъ катіономъ въ концентрированной сѣрной кислотѣ. Позднѣе Фарадэй сомнѣвался въ послѣднемъ обстоятельствѣ, потому что выдѣленіе сѣры изъ сѣрной кислоты могло происходить и вслѣдствіе вторичныхъ разложеній. Дѣйствительнымъ катіономъ могъ быть и водородъ, который соединяется съ кислородомъ кислоты и вытѣсняетъ сѣру изъ соединенія. Но если-бы было и такъ, то все-таки водородъ, соединяющійся съ кислородомъ въ образующуюся такимъ образомъ воду, долженъ былъ бы удерживать свой положительный зарядъ и только электрически нейтральная выдѣляющаяся сѣра могла бы отдавать эквивалентъ положительнаго электричества катоду. Слѣдовательно, въ соединеніи съ сѣрной кислотой она дѣйствительно имѣетъ положительный зарядъ. Подобное же разсужденіе прилагается къ большому числу другихъ примѣровъ. Всякій атомъ или всякая группа атомовъ, могущая при вторичномъ разложеніи замѣстить іонъ, должна обладать способностью отдаватью освобождающіеся эквиваленты соотвѣтствующаго электричества.

Если заряженный положительно атомъ водорода или какого-либо другаго катіона выдѣляется изъ своего соединенія и превращается въ газъ, то полученный газъ электрически нейтраленъ, т. о. на языкѣ дуалистической теоріи онъ содержитъ въ себѣ равныя количества положительнаго и отрицательнаго электричества. Слѣдовательно, или каждый атомъ электрически нейтраленъ, или каждый атомъ, сохранившій свой положительный зарядъ соединяется съ атомомъ, измѣнившимъ положительный зарядъ на отрицательный. Это послѣднее допущеніе вполнѣ согласуется со слѣдствіемъ, получаемымъ изъ закона Авогадро, по которому молекулы свободнаго водорода состоятъ изъ двухъ атомовъ [1]).

---

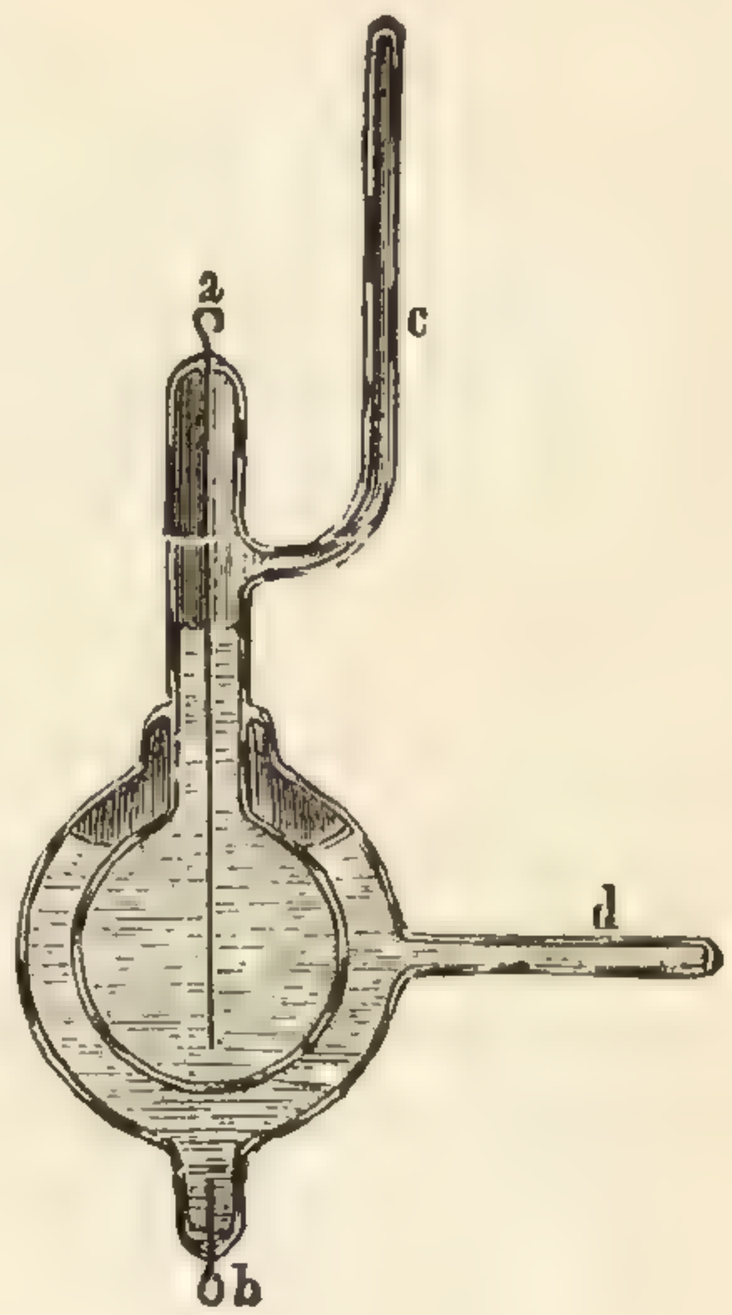
[1]) Молекулы, содержащія только одинъ двуэквивалентный атомъ, какъ напр. молекулы пары ртути, могутъ быть разсматриваемы, какъ заряженныя однимъ положительнымъ и однимъ отрицательнымъ эквивалентомъ E. (1883 г.).

Теперь возникаетъ вопросъ, ограничивается ли то отношеніе между электричествомъ и химическимъ соединеніемъ, о которомъ мы сейчасъ говорили и которое мы вывели изъ механизма электролиза, тѣмъ классомъ соединеній, которыя намъ извѣстны какъ электролиты, или нѣтъ. Если требуется возбудить довольно сильный гальваническій токъ, такъ, чтобы можно было получить достаточное количество продуктовъ разложенія для опредѣленія ихъ химической природы, не развивая однако въ электролитѣ большаго количества тепла, то мы должны ограничиться такими веществами, которыя не представляютъ току большаго сопротивленія. Но даже при наибольшемъ сопротивленіи, когда движеніе іоновъ необыкновенно медленно, и можетъ быть понадобились бы сотни лѣтъ, чтобы получить замѣтные слѣды продуктовъ разложенія, процессъ электролитическаго разложенія все-таки могъ бы происходить со всѣми своими существенными признаками. Дѣйствительно, мы находимъ величайшія различія въ проводимости различныхъ жидкостей. Для большаго числа ихъ, даже для дистиллированной воды и чистаго алкоголя, мы можемъ обнаружить прохожденіе тока при помощи чувствительнаго гальванометра. Но если мы обратимся къ скипидарному маслу, бензину и тому подобнымъ веществамъ, то гальванометръ остается неподвижнымъ. Однако же можно убѣдиться, что и эти жидкости имѣютъ замѣтную проводимость. Если соединить наэлектризованный проводникъ съ однимъ изъ двухъ электродовъ, опущенныхъ въ скипидарное масло, а другой электродъ соединить съ землей, то ясно замѣтно, что проводникъ въ соединеніи съ масломъ быстрѣе теряетъ свое электричество, нежели въ томъ случаѣ, когда между электродами находится только воздухъ.

И въ этомъ случаѣ мы можемъ на обнаруживающуюся поляризацію электродовъ смотрѣть какъ на доказательство происшедшаго электролиза. Если мы на два однородныхъ платиновыхъ электрода, погруженныхъ въ скипидарное масло, заставимъ въ теченіе 24 часовъ дѣйствовать баттарею изъ 8 Даніэлей, затѣмъ отнимемъ баттарею и соединимъ электроды съ квадрантнымъ электрометромъ, то найдемъ, что платиновыя пластинки теперь уже не одинаковы, но сдѣлались источникомъ электродвигательной силы, которая отклоняетъ стрѣлку электрометра. Величина этой поляризаціи для нѣсколькихъ случаевъ была опредѣлена г-омъ Пикеромъ (Picker) въ физической лабораторіи берлинскаго университета. Онъ нашелъ напр., что максимумъ поляризаціи въ алкоголѣ тѣмъ меньше, чѣмъ меньше онъ содержитъ воды, и что въ чистомъ алкоголѣ, эфирѣ и скипидарномъ маслѣ она достигаетъ до 0,3 даніэля, а въ бензинѣ до 0,8 даніэля.

Другой, ещо болѣе чувствительный признакъ электролитической проводимости состоитъ въ томъ, что электролиты, помѣщенные между двумя электродами изъ различныхъ металловъ, даже при отсутствіи разности температуръ, вызываютъ электровозбудительную силу. Этого никогда не бываетъ при соединеніи однихъ металлическихъ проводниковъ одинаковой температуры и вообще при соединеніи такихъ проводниковъ, черезъ которые электричество проходитъ, не разлагая ихъ. Но для возбужденія такихъ электродвигательныхъ силъ могутъ служить многія твердыя соединенія, хотя только немногія изъ нихъ проводятъ электричество достаточно хорошо для того, чтобы это можно было обнаружить при помощи гальванометра, и даже эти немногіе, по большей части, при температурѣ, лежащей близко къ точкѣ ихъ плавленія. Я напомню только о столбикѣ Замбони, въ которомъ сухіе листочки бумаги вставлены между тончайшими металлическими листочками. Если вещества остаются довольно долгое время въ соприкосновеніи, то тоже самое обнаруживаютъ даже стекло, смола, шеллакъ, парафинъ, сѣра, т. е. лучшіе изоляторы, какіе мы только знаемъ. Почти невозможно защитить квадранты чувствительнаго электрометра отъ этого медленнаго заряженія черезъ изолирующіе подставки аппарата.

Фиг. 16.



Въ вышеприведенныхъ случаяхъ можно, конечно, подозрѣвать, что къ изолирующему тѣлу, вдоль его поверхности, прилипъ тонкій слой влаги, который и представляетъ изъ себя электролитическій проводникъ. Поэтому я покажу вамъ здѣсь маленькій сосудъ Даніэля, построенный Гизе (Giese) [1]), гдѣ такое объясненіе исключается, и стекло функціонируетъ какъ электролитическій проводникъ, см. фиг. 16. Внутреннее отдѣленіе содержитъ растворъ мѣднаго купороса, въ который погружена платиновая проволока *a*, снизу гальванопластически покрытая мѣдью. Окружающее его внѣшнее пространство содержитъ растворъ цинковаго купороса и нѣкоторое количество цинковой амальгамы, въ которую входитъ

---

[1]) Wiedemann's Annalen T. 9, p. 205.

другая впаянная платиновая проволочка *b*. Трубки *c* и *d* служили для наполненія сосудовъ жидкостями и затѣмъ были запаяны, такъ-что объ жидкости герметически закупорены и вполнѣ отдѣлены одна отъ другой внутренней стеклянной стѣнкой. Наружныя части двухъ полюсовъ совершенно симметричны; съ воздухомъ соприкасается только совершенно замкнутая стеклянная поверхность, черезъ которую проходятъ двѣ платиновыя проволочки. При испытаніи электрометромъ, маленькій аппаратъ дѣйствуетъ совершенно такъ, какъ элементъ Даніэля, только съ очень большимъ сопротивленіемъ, а этого не могло бы быть, если бы раздѣляющая жидкости стеклянная стѣнка не оказывалась электролитическимъ проводникомъ, потому что металлическая стѣнка, раздѣляющая жидкости, совершенно уничтожила бы дѣйствіе подобнаго элемента вслѣдствіе поляризаціи.

И такъ эти факты показываютъ, что электролитическая проводимость отнюдь не ограничивается растворами солей и слабыми растворами кислотъ.

Однако надо произвести еще много тщательныхъ изслѣдованій, прежде чѣмъ можно будетъ съ опредѣленностью сказать, насколько распространенъ этотъ родъ проводимости и что представляютъ изъ себя іоны въ различныхъ веществахъ; сегодня не могу вамъ дать на это никакого положительнаго отвѣта. Для меня важно было только напомнить вамъ, что способность вещества разлагаться этектрическимъ токомъ, отнюдь не связана непремѣнно съ малымъ сопротивленіемъ прохожденію электричества. Вещества съ большою проводимостью представляютъ, конечно, гораздо болѣе удобныя средства для изученія этихъ процессовъ; но то, что мы узнаемъ изъ опытовъ съ ними, мы отнюдь не должны относить исключительно къ жидкостямъ, обыкновенно употребляемымъ при электролизѣ.

До сихъ поръ мы занимались исключительно движеніемъ вѣсомыхъ массъ и количествъ электричества. Теперь мы должны задать себѣ вопросъ относительно силъ, подъ вліяніемъ которыхъ совершается это движеніе.

На первый взглядъ всякаго знающаго, какъ громадно съ одной стороны могущество химическихъ силъ и какъ велико количество теплоты и механической работы, которыя онѣ могутъ произвести, должно удивить, какъ съ другой стороны необыкновенно мало электрическое притяженіе на полюсахъ баттареи изъ двухъ элементовъ Даніэля, которая тѣмъ не менѣе въ состояніи разлагать воду, преодолѣвая при этомъ одно изъ наиболѣе могущественныхъ химическихъ сродствъ. При образованіи 1 kg воды изъ водорода,

который, сгорая, соединяется съ кислородомъ, выдѣляется столько теплоты, что если ее при помощи паровой машины превратить въ работу, то она килограммъ можетъ поднять на высоту 1.600.000 метровъ.

А между тѣмъ мы должны употребить самые чувствительные электрометры для доказательства того, что золотой листочекъ или маленькій аллюминіевый листочекъ, висящій на шелковинкѣ, приводится въ движеніе электрическимъ притяженіемъ этой баттареи. Но мы находимъ рѣшеніе этой загадки, принявъ во вниманіе количество электричества, приводимое въ движеніе вмѣстѣ съ атомами.

Если мы будемъ измѣрять количество электричества, переносимое весьма малымъ количествомъ водорода, по его электростатическимъ дѣйствіямъ, то оно окажется громаднымъ. Фарадэй уже зналъ объ этомъ и старался различными способами достигнуть по крайней мѣрѣ приблизительнаго опредѣленія этой величины. Онъ показалъ, что даже сильнѣйшія баттареи, составленныя изъ лейденскихъ банокъ, при разряженіи черезъ вольтаметръ даютъ едва замѣтные слѣды газа. Въ настоящее время мы можемъ привести уже довольно точныя цифры. Электрохимическій эквивалентъ электромагнитной единицы гальваническаго тока былъ въ первый разъ опредѣленъ Бунзеномъ, а недавно и нѣкоторыми другими физиками. Позднѣе профессоръ В. Веберъ произвелъ чрезвычайно сложное сравненіе электромагнитнаго и электростатическаго дѣйствій одного и того же количества электричества.

Второе опредѣленіе той же величины произвелъ Кл. Максуэллъ по порученію Британской Ассоціаціи [1]). Изъ этихъ опредѣленій оказалось, что оба электричества, которыми заряжены іоны одного mg воды, будучи раздѣлены и помѣщены на два шара, удаленные другъ отъ друга на разстояніе одного километра, должны бы были вызвать между этими шарами силу притяженія, равную приблизительно вѣсу 100000 kg.

Быть можетъ это сдѣлается еще болѣе наглядным, если мы сравнимъ въ этомъ случаѣ электрическое притяженіе съ тяготѣніемъ вѣсомой матеріи тѣлъ, на которыхъ помѣщено электричество. Такъ какъ обѣ силы при возрастаніи разстоянія между притягивающимися массами убываютъ по одному и тому-же закону и обѣ пропорціональны величинѣ дѣйствующихъ количествъ, то

---

[1]) Числа для нижеслѣдующаго вычисленія смотри въ 1-мъ прибавленіи въ концѣ этой лекціи.

сравненіе ихъ можетъ быть произведено независимо отъ разстоянія и отъ массъ. Мы находимъ, что если бы возможно было отдѣлить другъ отъ друга водородъ и кислородъ воды безъ потери ихъ электрическихъ зарядовъ, то они оказывали бы другъ на друга притяженіе, равное тяготѣнію массъ, вѣсъ которыхъ превосходитъ ихъ вѣсъ въ 400000 билліоновъ (принимая билліонъ= милліону милліоновъ) разъ. При электрометрическихъ опытахъ всегда принимается въ разсчетъ, что общая сила, съ которой дѣйствуютъ другъ на друга два наэлектризованныхъ тѣла, пропорціональна количеству электричества, находящагося какъ на притягивающемъ, такъ и на притягиваемомъ тѣлахъ.

И такъ, хотя полюсы небольшой, но достаточной для разложенія воды баттареи, оказываютъ только едва измѣримое притяженіе на сравнительно небольшіе заряды, которые мы можемъ получать при помощи нашихъ электрическихъ машинъ, однако, съ другой стороны, притяженіе тѣми же полюсами громаднаго заряда миллиграмма воды достаточно велико, чтобы преодолѣть самое значительное химическое сродство.

Вотъ что можно сказать о величинѣ этихъ силъ. Теперь мы изслѣдуемъ, какимъ образомъ онѣ могутъ вліять на движеніе вѣсомыхъ молекулъ. Здѣсь слѣдуетъ различать два совершенно различныхъ случая. Во-первыхъ, мы можемъ спросить, какія необходимы силы, чтобы передвигать внутри жидкости іоны въ соединеніи съ ихъ зарядами; во-вторыхъ, — какія силы должно употребить для отдѣленія іона отъ его заряда и для выдѣленія его изъ химическаго соединенія?

Простѣйшимъ является тотъ случай, когда проводящая жидкость окружена со всѣхъ сторонъ изолирующими стѣнками. Тогда электричество не можетъ ни входить въ нихъ, ни выходить изъ нихъ; тѣмъ не менѣе, электричества, раздѣленныя вліяніемъ сосѣднихъ наэлектризованныхъ тѣлъ могутъ приводиться въ движеніе, положительное въ одну, а отрицательное въ противоположную стороны жидкой массы. При этомъ процессѣ, называемомъ «электростатической индукціей», жидкіе проводники ничѣмъ не отличаются отъ металлическихъ. Такимъ способомъ можно собрать большія количества электричества вдоль поверхностей обоихъ проводниковъ, когда эти поверхности нѣкоторыми своими частями находятся на недалекомъ разстояніи одна отъ другой. Такой аппаратъ называютъ электрическимъ конденсаторомъ. Мы можемъ построить электрическіе конденсаторы, одна изъ поверхностей которыхъ представляетъ изъ себя жидкость. Подобные конденсаторы уже много разъ употреблялись при производствѣ основнаго опыта

Вольты. Что даже слабѣйшія электрическія силы вполнѣ правильно вызываютъ раздѣленіе электричествъ на подобныхъ жидкихъ поверхностяхъ, доказывастъ въ особенности капельный аппаратъ, введенный В. Томсономъ для наблюденія атмосфернаго электричества. Не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что даже электродвижущая сила, меньшая $\frac{1}{100}$ даніэля, вызываетъ, при дѣйствіи на жидкій проводникъ, въ немъ вполнѣ уравновѣшенное раздѣленіе электричества.

Сверхъ того это происходитъ не только съ хорошо проводящими электролитами, но также и съ нашими относительно наилучшими изоляторами; для послѣднихъ требуется однако больній промежутокъ времени. Но и они заряжаются, какъ показалъ профессоръ Вюллънеръ (Wuellner), въ концѣ концовъ совершенно также, какъ поставленные въ тѣ же условія металлы зарядились бы мгновенно.

То же самое явленіе происходитъ при нѣсколько измѣненныхъ условіяхъ и въ нѣсколько иномъ видѣ, если мы соединимъ платиновые электроды вольтаметра съ однимъ элементомъ Даніэля, электродвижущая сила котораго недостаточна для разложенія воды. Въ этомъ случаѣ іоны жидкости, приведенные къ поверхности электродовъ, не отдаютъ своего электричества. Весь аппаратъ дѣйствуетъ, какъ было въ первый разъ указано В. Томсономъ, подобно конденсатору съ громадной емкостью. При этомъ надо принять во вниманіе, что количество электричества, собирающееся на двухъ поверхностяхъ конденсатора подъ вліяніемъ постоянной электродвижущей силы, обратно пропорціонально разстоянію между пластинками конденсатора. Если мы это разстояніе уменьшимъ до $\frac{1}{100}$ первоначальнаго, то количество электричества на конденсаторѣ въ сто разъ увеличится. Но между поверхностями платины и прилегающей къ ней жидкости существуетъ только молекулярное разстояніе. Слѣдовательно мы можемъ ожидать громадной величины для емкости подобнаго конденсатора. Измѣрена она была Варлеймъ (Varley), Ф. Кольраушемъ (Friedrich Kohlrausch) и Колли (Colley) [1]).

Я самъ убѣдился соотвѣтственными опытами, что воздухъ, растворенный въ жидкости, можетъ значительно повысить величину емкости.

Удаливъ послѣдніе слѣды воздуха, я получилъ числа, нѣ-

[1]) Нынѣ уже покойный профессоръ московскаго университета.

О. Х.

сколько меньшія, нежели найденныя Кольраушемъ. Если мы всю величину поляризаціи раздѣлимъ равномѣрно между двумя пластинками, то разстояніе между двумя слоями положительнаго и отрицательнаго электричества оказывается равнымъ одной десятимилліонной части (по Кольраушу $\frac{1}{15000000}$) миллиметра. Но это приблизительно та самая величина, которая въ нѣкоторыхъ другихъ случаяхъ, вычисленныхъ В. Томсономъ, получилась для радіуса сферы дѣйствія молекулярныхъ силъ.

Вслѣдствіе обусловленной такимъ образомъ громадной емкости подобнаго конденсатора, количество электричества, необходимаго для его заряда, даже при небольшихъ электродвижущихъ силахъ, должно быть весьма велико, такъ что оно требуетъ замѣтнаго времени для своего втеканія и вытеканія и можетъ быть обнаружено гальванометромъ. Тотъ самый процессъ, который я здѣсь называю заряженіемъ конденсатора, я ранѣе разсматривалъ, какъ возникновеніе поляризаціи на металлическихъ проводникахъ, при чемъ я приписывалъ тамъ главное значеніе движенію іоновъ, здѣсь—движенію электричества. Но оба движенія, какъ мы знаемъ, связаны неразрывно.

Если мы будемъ наблюдать поляризующіе и деполяризующіе токи въ сосудѣ, не содержащемъ воздуха, какъ напр. въ изображенномъ на фигурѣ 15, то найдемъ ихъ вполнѣ правильными даже при слабѣйшихъ электродвижущихъ силахъ, уменьшающихся до 0,001 даніэля, такъ что количество электричества, входящаго въ конденсаторъ, всегда пропорціонально употребляемой электродвижущей силѣ. Я не сомнѣваюсь въ томъ, что взявъ за электроды большія платиновыя пластинки, можно идти еще гораздо дальше. Если бы существовала какая-нибудь химическая сила, кромѣ взаимнаго притяженія электрическихъ зарядовъ, которая удерживала-бы аніоны и катіоны попарно въ соединеніи, и для преодолѣнія ея требовалась бы затрата какой-нибудь хотя-бы малой работы, то возможно было бы найти низшій предѣлъ электродвижущей силы, еще способной вызвать поляризаціонные токи. До сихъ поръ не наблюдалось еще ни одного явленія, которое указывало бы на существованіе подобнаго низшаго предѣла и слѣдовательно мы должны заключить, что никакая сила не сопротивляется раздѣленію іонъ, кромѣ притяженія ихъ электрическихъ зарядовъ. Эти послѣдніе могутъ, конечно, препятствовать тому, чтобы однородные атомы, взаимно другъ друга отталкивающіе, собирались въ одномъ мѣстѣ, а противоположно заряженные атомы, которые должны бы были притягиваться первыми

и въ свою очередь притягивать ихъ къ себѣ—въ другомъ, пока какая-нибудь внѣшняя сила не произведетъ подобнаго неравномѣрнаго распредѣленія.

Такимъ образомъ электрическія силы во всякомъ случаѣ будутъ въ состояніи поддерживать равномѣрное распредѣленіе противоположныхъ іоновъ во всей жидкости, такъ что всѣ ея части будутъ какъ химически, такъ и электрически нейтральны. Но достаточно даже малѣйшей внѣшней электрической силы для того, чтобы нарушить равномѣрность этого распредѣленія.

Совершенно наоборотъ, мы находимъ, что при отдѣленіи іона отъ его электрическаго заряда, электрическія баттареи встрѣчаютъ значительное сопротивленіе, преодолѣнію котораго соотвѣтствуетъ чрезвычайно большая затрата работы. Простѣйшій случай тотъ, когда іоны, теряя свой электрическій зарядъ, въ то-же время выдѣляются изъ жидкости въ видѣ газовъ или отдѣляются на электродахъ въ видѣ твердаго металлическаго слоя, какъ напримѣръ гальванопластическая мѣдь. Но извѣстно, что при химическомъ соединеніи двухъ элементарныхъ веществъ, имѣющихъ другъ къ другу большое родство, выдѣляется всегда большое количество тепла; а это эквивалентно затратѣ большой механической работы. Наоборотъ, разложеніе получившагося химическаго соединенія требуетъ съ своей стороны снова соотвѣтственной затраты работоспособныхъ силъ, потому что при этомъ химическая энергія, потерянная при образованіи соединенія, снова возстановляется. Кислородъ и водородъ, отдѣленные другъ отъ друга, обладаютъ запасомъ энергіи, ибо, когда мы заставляемъ ихъ соединяться въ воду, то они развиваютъ большое количество тепла. Въ водѣ содержатся оба эти элемента и между ними существуетъ сила химическаго притяженія, которая удерживаетъ ихъ въ соединеніи; но эта сила уже не можетъ произвести никакого измѣненія, никакого положительнаго дѣйствія. Мы должны перевести соединенные элементы въ ихъ первоначальное состояніе, мы должны отдѣлить ихъ другъ отъ друга и употребить на это силу, которая превосходитъ ихъ сродство, для того, чтобы возвратить имъ способность снова повторить ихъ первое дѣйствіе. Количество теплоты, выдѣляемое при химическихъ соединеніяхъ, по крайней мѣрѣ приблизительно, эквивалентно работѣ, производимой при этомъ дѣйствующими химическими силами *). Съ другой стороны то-же количество работы должно затратить, чтобы разло-

---

*) Ограниченіе и болѣе точное опредѣленіе этого предложенія даны въ моей позднѣйшей статьѣ о термодинамикѣ химическихъ процессовъ.

жить соединеніе и оба газа привести къ свободному состоянію. Я уже выразилъ выше эту работу величиною приподнятаго груза.

Металлы, соединяясь съ кислородомъ и съ кислотными остатками, также выдѣляютъ теплоту; нѣкоторые изъ нихъ, какъ напр. калій, натрій, цинкъ, даже больше, чѣмъ эквивалентное имъ количество водорода; а не столь легко окисляемые металлы, какъ напр. мѣдь, серебро, платина выдѣляютъ менѣе теплоты. Соотвѣтственно этому мы находимъ, что развивается теплота, когда цинкъ вытѣсняетъ мѣдь изъ ея соединенія съ сложнымъ кислотнымъ остаткомъ сѣрной кислоты. Именно этотъ процессъ происходитъ въ элементѣ Даніэля и потому онъ можетъ порождать теплоту или производить какую-нибудь работу.

Но если мы при помощи такого элемента возбуждаемъ токъ и пропускаемъ его черезъ какой-либо проводникъ, металлическій или электролитическій, то въ этомъ проводникѣ выдѣляется теплота. Джуль (Joule) первый доказалъ, что если токъ не производитъ никакой другой работы, то общее количество теплоты, развиваемой имъ во всей цѣпи, въ точности равняется количеству теплоты, которое одновременно должно было бы развиваться въ баттареѣ, вслѣдствіе происшедшихъ въ ней химическихъ разложеній, если бы при этомъ не получалось тока. Однако, эта теплота не собирается на поверхностяхъ электродовъ, т. е. тамъ, гдѣ происходятъ химическіе процессы, но она развивается во всѣхъ частяхъ цѣпи и притомъ въ каждой отдѣльной части пропорціонально ея гальваническому сопротивленію. Отсюда слѣдуетъ, что теплота развивается не непосредственно химическимъ процессомъ, но электрическимъ движеніемъ и что химическая работоспособность баттареи употреблена была первоначально на то, чтобы произвести электрическое движеніе.

Для того, чтобы поддерживать въ проводникѣ непрерывный электрическій токъ, дѣйствительно необходимо опредѣленное количество работы химической или механической. Надо, чтобы постоянно новые запасы положительнаго электричества перегонялись на положительный конецъ приводника, преодолѣвая отталкивательную силу скопившагося тамъ положительнаго электричества, и чтобы на отрицательномъ концѣ происходило то-же съ отрицательнымъ электричествомъ.

Это можетъ, между прочимъ, производиться и чисто механическими силами, напр. обыкновенной электрической машиной тренія, или машиною Гольца, дѣйствующей на основаніи электрической индукціи, или магнитоэлектрической машиной, дающей токи, индуктированные электродинамически. Если въ обыкновенныхъ

гальваническихъ баттареяхъ эту работу производятъ химическія силы, то количество работы, которую они должны совершить для полученія эквивалентныхъ результатовъ всегда одно и то-же.

Величина этой работы, если выразить все въ соотвѣтствующихъ единицахъ мѣры, равна произведенію изъ протекшаго электричества на разность потенціаловъ концовъ цѣпи; а эта послѣдняя совпадаетъ съ электродвигательною силою баттареи.

Но такъ какъ по закону Фарадэя количество продуктовъ химическаго разложенія пропорціонально количеству электричества, то электродвижущая сила баттареи должна быть пропорціональна работѣ [1]), которая можетъ быть получена при разложеніи нѣкотораго эквивалента разсматриваемаго вещества. Между тѣмъ какъ въ элементахъ гальванической баттареи, возбуждающей токъ, должны происходить химическіе процессы, которые въ состояніи произвести работу, наоборотъ, въ тѣхъ сосудахъ, гдѣ происходитъ разложеніе существующаго химическаго соединенія, часть работоспособности тока употребляется на то, чтобы преодолѣвать сопротивленіе химическихъ силъ.

Остатокъ этой работоспособности проявляется въ видѣ теплоты, развивающейся вслѣдствіе сопротивленія цѣпи, или, при извѣстныхъ условіяхъ, онъ идетъ на то, чтобы приводить въ движеніе машины или же совершать какую-либо другую работу.

При этомъ можно принимать въ разсчетъ не только сильное сродство элементовъ, дающихъ опредѣленныя отношенія при соединеніи и распаденіи, но и меньшія силы молекулярнаго притяженія, которыя вода и другія составныя части раствора оказываютъ на его іоны, и даже вліянія этого рода, слишкомъ слабыя для того, чтобы ихъ находить калориметрическимъ методомъ, могутъ быть опредѣлены посредствомъ измѣренія электродвижущихъ силъ. Мнѣ самому удалось на основаніи механической теоріи тепла вычислить вліяніе, которое оказываетъ на электродвижущую силу вода, заключающаяся въ растворѣ соли. Химическое притяженіе между солью и водою въ этомъ случаѣ можетъ быть, измѣрено по уменьшенію упругости пара надъ жидкостью и теоретическія слѣдствія весьма удовлетворительно подтверждаются опытами Джемса Мозера (James Moser) [2]).

До сихъ поръ мы держались предположенія, что іонъ, отдавая свой электрическій зарядъ, въ то же время выдѣляется изъ жид-

---

[1]) Здѣсь развивающаяся теплота разсматривалась еще какъ полный эквивалентъ работы.

[2]) Wiedemann's Annalen m. III, p. 201 до 216 и 216 до 219.

кости. Однако іонъ можетъ, отдавъ свое электричество электроду, остаться въ жидкости, но уже въ электрически нейтральномъ состояніи. Это почти не вызываетъ разницы въ электродвижущей силѣ.

Если напримѣръ изъ какого-нибудь соединенія выдѣляется на анодѣ хлоръ, то онъ тотчасъ же растворяется въ жидкости, гдѣ и остается; но когда растворъ дѣлается насыщеннымъ или когда мы надъ жидкостью устроимъ пустоту, то газъ начинаетъ выдѣляться пузырьками. Электродвижущая сила не будетъ замѣтно измѣняться вслѣдствіе начала выдѣленія газа, пока не измѣнится состояніе насыщенія жидкости. Это относится ко всѣмъ остальнымъ газамъ, хотя и не всѣ могутъ растворяться въ томъ же количествѣ, какъ хлоръ. Вы видите изъ этого примѣра, что процессъ, требующій такой большой затраты работы, есть переходъ отрицательно заряженнаго хлора въ электрически нейтральный или свободный хлоръ, хотя бы вѣсомая масса его атомовъ до и послѣ процесса находилась въ жидкости.

Наоборотъ, если электрическій зарядъ электродовъ не достаточно силенъ, чтобы отнимать электричество у іоновъ, собирающихся у ихъ поверхности, то катіонъ будетъ удерживаться на катодѣ, а аніонъ на анодѣ съ силой, которую не можетъ преодолѣть стремленіе газа расшириться. Если даже совершенно удалять воздухъ, находящійся надъ жидкостью, то катодъ, поляризованный водородомъ и анодъ, поляризованный кислородомъ, не выдѣляютъ даже малѣйшаго пузырька газа.

Только когда разность потенціаловъ на электродахъ на столько повысится, что они будутъ притягивать электрическій зарядъ іоновъ съ силой, достаточной для того, чтобы оторвать его отъ іоновъ, сами іоны получатъ возможность слѣдовать другимъ механическимъ силамъ, отдѣляться отъ электродовъ и получаться въ видѣ газовъ. Отсюда слѣдуетъ, что электроды не притягиваютъ къ себѣ вѣсомой части іоновъ; въ этомъ случаѣ они удерживались бы на нихъ и послѣ разряда. Мы даже должны заключить отсюда, что іоны только потому, что они электрически заряжены и только пока они сохраняютъ этотъ зарядъ, притягиваются электродами, заряженными электричествомъ противоположнаго знака.

Чѣмъ болѣе поверхность положительно заряженнаго анода покрывается отрицательно заряженными атомами аніона, а катодъ положительными атомами катіона, тѣмъ сильнѣе уменьшается притяженіе, которое оба они оказываютъ на іоны, расположенные внутри жидкости. Сила, съ которой положительное электричество атома водорода, находящагося въ пограничномъ слоѣ, при-

тягивается къ поверхности металла, возрастаетъ по мѣрѣ того, какъ увеличивается количество отрицательнаго электричества на металлѣ, находящемся передъ нимъ и положительнаго въ слоѣ водорода, находящемся за нимъ.

Эта сила притяженія, дѣйствующая въ заряженномъ конденсаторѣ на единицу количества электричества, находящагося на внутренней сторонѣ заряженнаго слоя, пропорціональна электродвижущей силѣ, которою конденсаторъ былъ заряженъ и обратно пропорціональна разстоянію между двумя заряженными поверхностями. Если эти поверхности удалены одна отъ другой на $\frac{1}{100}$ мм., то сила въ 100 разъ больше, чѣмъ когда разстояніе между ними одинъ миллиметръ. Если мы спустимся до молекулярныхъ разстояній, величину которыхъ мы вычислили по емкости поляризованныхъ электродовъ, то сила увеличится въ 10 милліоновъ разъ, такъ-что при такихъ условіяхъ даже умѣренная электродвижущая сила можетъ преодолѣвать самыя громадныя химическія силы, соединяющія каждый атомъ съ его электрическимъ зарядомъ и удерживающія атомы въ жидкости. Таковымъ можно вообразить себѣ механизмъ процесса, посредствомъ котораго на поверхности электродовъ электрическая сила развивается и постепенно усиливается на столько, что получаетъ возможность преодолѣть наибольшее химическое сродство, которое мы только знаемъ. Если подобное дѣйствіе можетъ произвести поляризація поверхности, играющей только роль конденсатора, заряженнаго умѣренною электродвижущею силою, то можно ли считать громадныя электрическія заряды аніона и катіона неважною и несущественною частью химическаго сродства?

Въ сосудѣ, о которомъ мы недавно говорили, гдѣ происходитъ разложеніе, іоны сопротивляются внѣшней силѣ притяженія, стремящейся оторвать ихъ отъ присущихъ имъ электрическихъ зарядовъ. Если мы измѣнимъ направленіе тока, то и электролитическіе процессы пойдутъ въ обратномъ направленіи и электрическія силы іоновъ начнутъ усиливать токъ. Въ элементѣ Даніэля растворяется нейтральный цинкъ, при чемъ онъ уноситъ съ собой только + E, а если онъ имѣлъ — E, то онъ его передаетъ металлической пластинкѣ, обмѣнивая его на + E. На мѣдномъ электродѣ положительно заряженная мѣдь выдѣляется изъ раствора и осаждается, уже нейтрализованная, въ видѣ гальванопластическаго слоя. Свой избытокъ положительнаго электричества она передаетъ электроду. Но, какъ мы уже видѣли, при происхожденіи такого процесса въ элементѣ Даніэля, онъ можетъ совершать внѣшнюю работу. Отсюда мы должны заключить, что одинъ эквивалентъ + E сос-

диняясь, какъ зарядъ, съ атомомъ цинка, можетъ совершить бо́льшую работу, нежели соединяясь съ атомомъ мѣди.

Если мы это выразимъ на языкѣ дуалистической теоріи, и станемъ разсматривать положительное и отрицательное электричество, какъ двѣ невѣсомыя субстанціи, то вышеприведенные процессы представляются таковыми, какъ будто бы эквиваленты + E и — E съ различною силою притягивались различными атомами (а можетъ быть также различными мѣстами присоединія одного многоэквивалентнаго атома). Калій, натрій, цинкъ должны сильно притягивать + E, а кислородъ, хлоръ, бромъ, іодъ — E.

Замѣчаемъ ли мы дѣйствія подобнаго притяженія въ другихъ случаяхъ? Мы наталкиваемся здѣсь на столь много оспаривавшееся допущеніе Вольта, что электрическія разности вызываются соприкосновеніемъ какихъ-нибудь двухъ различныхъ металловъ. Относительно справедливости описанныхъ Вольтою фактовъ не можетъ быть болѣе никакого сомнѣнія. Если мы между мѣдной и цинковой пластинками, хорошо изолированными шеллаковыми подставками и поставленными на небольшомъ разстояніи, одна противъ другой, какъ пластинки конденсатора, установимъ на мгновеніе металлическое соединеніе, и затѣмъ удалимъ ихъ одну отъ другой, то мы найдемъ, что мѣдь зарядилась отрицательно, а цинкъ положительно. Именно такого дѣйствія должны бы мы были ожидать, если бы цинкъ имѣлъ къ положительному электричеству бо́льшую силу притяженія, нежели мѣдь, причемъ эта сила дѣйствовала бы только на молекулярныхъ разстояніяхъ, а не на значительныхъ разстояніяхъ какъ + E на — E. Я указалъ на это объясненіе опыта Вольты еще въ 1847 году въ моей статьѣ о сохраненіи силъ. Всѣ факты, наблюдаемые при соединеніи различнѣйшихъ, чисто металлическихъ проводниковъ одинаковой температуры, находятся съ нимъ въ полномъ согласіи; а именно изъ этого объясненія немедленно вытекаетъ законъ, выражающійся рядомъ Вольты. Такія силы притяженія, какъ допущенныя нами, необходимо стремятся къ равновѣсію, а оно всегда мгновенно наступаетъ, пока не приходятъ между собою въ соприкосновеніе никакіе проводники, кромѣ металловъ при одинаковой температурѣ. При этомъ мы никогда не получаемъ продолжительнаго электрическаго тока. Совершенно иное происходитъ, когда въ цѣпи находятся электролитическіе проводники. Они подъ вліяніемъ электрическаго движенія распадаются на составныя части и во многихъ такихъ случаяхъ статическое равновѣсіе можетъ быть достигнуто только тогда, когда вполнѣ окончено электролитическое разложеніе. На это обстоятельство указалъ уже Фара-

дэй, какъ на особенно существенное различіе между проводниками двухъ классовъ.

Первоначальная теорія Вольты была именно здѣсь не полна, потому-что ему еще не было извѣстно электролитическое разложеніе. Поэтому его собственное представленіе о «контактной силѣ» несомнѣнно противорѣчитъ закону сохраненія силъ; уже прежде, чѣмъ ясно формулировали этотъ законъ и доказали его фактическую справедливость, многіе химики и физики, а между ними и Фарадэй, чувствовали. что это не можетъ быть полнымъ объясненіемъ. Противники Вольты старались дать химическое объясненіе также и тѣмъ опытамъ, въ которыхъ происходило взаимодѣйствіе исключительно металлическихъ проводниковъ. По ихъ словамъ металлы могли окисляться кислородомъ воздуха; и дѣйствительно, окисленіе, необходимое для слабыхъ электрическихъ зарядовъ, требуетъ такого малаго количества кислорода, что нельзя надѣяться открыть его химическими методами или воспрепятствовать окисленію химическимъ очищеніемъ окружающаго газа или пустоты. Поэтому допущенія такъ-называемой химической теоріи не могутъ быть опровергнуты фактами; но эта теорія даетъ не болѣе, какъ неопредѣленное предположеніе, что здѣсь быть-можетъ происходитъ химическій процессъ, а гдѣ таковой происходитъ, тамъ можетъ появиться электричество; но сколько, какого рода, до какого напряженія,—все это оставалось или совершенно неопредѣленнымъ или для различныхъ случаевъ давались объясненія, противорѣчившія одно другому. Въ особенности противорѣчитъ этой теоріи, что въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ несомнѣнно происходятъ химическіе процессы, возбуждающіе электричество, т. е. когда металлическія пластинки опущены въ электролитическую жидкость, получается электризація какъ разъ противоположная той, которая обнаруживалась въ основныхъ опытахъ Вольта. Что электрическія и химическія силы по существу одно и то-же, принимаетъ и изложенная мною теорія. Но по моему мнѣнію достаточно присутствія силъ, могущихъ при безпрепятственномъ дѣйствіи производить химическіе процессы, для того чтобы вызвать соотвѣтственное электрическое распредѣленіе, даже прежде, чѣмъ начнется химическое соединеніе. Допущеніе, что тамъ, гдѣ получается вольтаическій зарядъ, непремѣнно имѣется химическій процессъ. или уже предварительно совершившійся, или совершающійся во время заряда, представляется мнѣ излишнимъ и недоказаннымъ, да сверхъ того ничего въ дѣйствительности и не объясняющимъ предположеніемъ.

По дѣйствительно, заряды цинка и мѣди въ опытахъ Вольты

чрезвычайно слабы; только при весьма чувствительныхъ новыхъ квадрантныхъ электрометрахъ В. Томсона сдѣлалось возможнымъ ихъ точно измѣрить; легко понять, почему здѣсь дѣйствіе такъ слабо. Если мы приведемъ въ соприкосновеніе двѣ плоскія хорошо отполированныя пластинки, цинковую и мѣдную, то вѣроятно количества электричества, появляющіяся на обѣихъ сторонахъ пограничныхъ плоскостей, очень велики. Но ихъ нельзя замѣтить прежде, чѣмъ пластинки будутъ отдѣлены одна отъ другой. Зарядъ сохраняемый ими послѣ разъединенія, можетъ соотвѣтствовать только тому заряду, который онѣ имѣютъ въ моментъ, когда исчезаетъ послѣдняя точка соприкосновенія между ними. Въ это время всѣ другія части ихъ поверхностей находятся другъ отъ друга на разстояніи, которое безконечно велико въ сравненіи съ молекулярнымъ разстояніемъ; но металлы такъ хорошо проводятъ электричество, что равновѣсіе его, соотвѣтствующее расположенію пластинокъ въ данный моментъ, можно всегда предполагать установившимся. Если хотятъ уменьшить разрядъ пластинокъ, когда начинается ихъ разъединеніе, то надо чтобы по крайней мѣрѣ одна изъ нихъ была изолирована. Въ этомъ случаѣ мы дѣйствительно получаемъ гораздо болѣе поражающій рядъ явленій, а именно явленія такъ называемаго электричества тренія. Треніе при этомъ вѣроятно является средствомъ установить близкое соприкосновеніе между двумя тѣлами. Если поверхности трущихся тѣлъ очень чисты и не покрыты слоемъ воздуха, какъ напр., въ Гейслеровыхъ безвоздушныхъ трубкахъ, содержащихъ въ себѣ каплю ртути, то для развитія электрическаго заряда достаточно самой легкой катьбы одного тѣла по другому. Здѣсь въ двухъ трубкахъ воздухъ такъ разрѣженъ, что только очень сильный электрическій разрядъ можетъ еще проходить черезъ нихъ и заставить ихъ свѣтиться. Одна содержитъ въ себѣ небольшое количество ртути, другая жидкій сплавъ калія и натрія. Въ первой металлъ очень сильно отрицателенъ по отношенію къ стеклу. Сплавъ же соотвѣтствуетъ положительному концу ряда Вольты; однако и здѣсь стекло оказывается еще болѣе положительнымъ, чѣмъ металлъ, только зарядъ гораздо слабѣе нежели для ртути.

Фарадэй очень часто возвращался къ этому предмету и высказывалъ убѣжденіе, что двѣ силы природы, изъ которыхъ одна извѣстна подъ названіемъ химическаго сродства, а другая подъ названіемъ электричества, совершенно тождественны.

Я старался сегодня представить вамъ обзоръ фактовъ и насколько возможно оставить въ сторонѣ гипотезы, за исключеніемъ

атомистической теоріи современной химіи. Я полагаю, что факты не оставляютъ никакого сомнѣнія въ томъ, что самыя сильныя изъ химическихъ силъ имѣютъ электрическое происхожденіе. Атомы притягиваются къ своимъ электрическимъ зарядамъ; противоположные заряды притягиваются другъ къ другу. Но я не могу отрицать существованія другихъ молекулярныхъ силъ, дѣйствующихъ непосредственно отъ атома къ атому. Многіе изъ нашихъ лучшихъ химиковъ недавно стали различать два рода соединеній, а именно, слабо-сцѣпленные молекулярные аггрегаты и типическія соединенія; только послѣднія соединяются другъ съ другомъ въ эквивалентныхъ количествахъ.

Электролиты принадлежатъ къ совершенно типичнымъ соединеніямъ. Если мы далѣе изъ фактовъ вывели, что каждая единица соединенія заряжена эквивалентомъ $+E$ или $-E$, то они могутъ представить электрически нейтральныя соединенія, гдѣ каждая положительно заряженная единица, подъ вліяніемъ вышевычисленной громадной силы притяженія соединяется съ отрицательно заряженной единицей.

Какъ вы видите, отсюда непосредственно слѣдуетъ, что каждая единица сродства какого-либо атома необходимо должна быть соединена съ одной и только съ одной единицей сродства другаго атома. Въ этомъ дѣйствительно и заключается главнѣйшее положеніе теоріи эквивалентовъ въ современной химіи, по крайней мѣрѣ по отношенію къ такъ называемымъ насыщеннымъ соединеніямъ. На основаніи нѣкоторыхъ данныхъ химіи выводится, что въ общемъ случаѣ молекулы простыхъ тѣлъ также составлены по крайней мѣрѣ изъ двухъ атомовъ; вѣроятно и въ этомъ случаѣ электрическая нейтральность достигается соединеніемъ двухъ атомовъ, изъ которыхъ одинъ заряженъ однимъ эквивалентомъ $+E$, а другой $-E$, а не нейтрализаціей каждаго отдѣльнаго атома.

Ненасыщенныя соединенія съ четнымъ числомъ несоединенныхъ эквивалентовъ могутъ быть включены въ эту же теорію при допущеніи, что несоединенныя единицы заряжены равными и противоположными электрическими эквивалентами. Ненасыщенныя соединенія, только съ одной несоединенной единицей, когда они существуютъ только при высокой температурѣ, могутъ разсматриваться какъ диссоціированныя силою тепловаго движенія, не смотря на электрическія притяженія. Но во всякомъ случаѣ остается одинъ примѣръ соединенія, которое по закону Авогадро даже при нижайшихъ температурахъ должно разсматриваться какъ ненасыщенное соединеніе, именно закись азота (NO),

вещество, которое однако же выказываетъ много другихъ необыкновенныхъ свойствъ, объясненія которыхъ надо ожидать только въ будущемъ *).

Впрочемъ, я не могу входить здѣсь въ дальнѣйшія подробности. Можетъ быть я и то зашелъ слишкомъ далеко. Я и не отважился бы на это, если бы не чувствовалъ себя подкрѣпленнымъ авторитетомъ Фарадэя, котораго направлялъ къ истинѣ почти непогрѣшимый инстинктъ. Мнѣ казалось, что лучшее, что я могу сдѣлать въ день чествованія его памяти, это обратить вниманіе тѣхъ людей, силою дѣятельности и проницательнаго ума которыхъ химія достигла своего теперешняго изумительнаго развитія, на сокровища знанія, лежащія еще сокрытыми въ твореніяхъ этого удивительнаго ума. Я не достаточно подробно изучилъ химію, чтобы быть увѣреннымъ въ томъ, что я нашелъ вѣрное объясненіе, а именно то, которое далъ бы самъ Фарадэй, если бы онъ былъ знакомъ съ закономъ эквивалентовъ. Безъ этого закона едва-ли возможно было дать электрохимическую теорію, охватывающую всѣ факты и дающую вѣрные выводы. Фарадэй и не старался создать ее. Одинаково интересно видѣть, какъ столь великій ученый избѣгаетъ слишкомъ далеко заходить въ теоретическихъ разсужденіяхъ, гдѣ ему не достаетъ фактовъ, и какъ онъ смѣло идетъ впередъ, гдѣ онъ находитъ открытую дорогу. Мы должны изумляться осторожной сдержанности Фарадэя, хотя теперь, стоя уже на его плечахъ и поощряемые достойнымъ изумленія развитіемъ органической химіи, мы можемъ видѣть и далѣе, нежели онъ.

Я буду считать мои сегодняшніе труды вполнѣ вознагражденными, если мнѣ удалось снова оживить интересъ химиковъ къ электро-химическому отдѣлу ихъ науки.

---

*) См. Прибавленіе II въ концѣ этой лекціи.

ПРИБАВЛЕНІЯ.

I.

Вычисленіе электростатистическаго дѣйствія электролитическихъ зарядовъ одного миллиграмма воды.

(Къ стр. 129).

По послѣднимъ тщательнымъ измѣреніямъ электрохимическаго эквивалента воды, произведеннымъ профессоромъ Ф. Кольраушемъ, оказывается что опредѣленная В. Вебером ъ электромагнитная единица силы тока (=0,1 ампера) разлагаетъ 0,009476 mgr. воды въ секунду. Эта же единица силы тока заставляетъ протекать въ секунду черезъ каждое поперечное сѣченіе проводника приблизительно 300000 милліоновъ электростатическихъ единицъ, изъ которыхъ одною половиною будетъ двигающееся по направленію тока +E, другою—двигающееся обратно току —E.

Самъ В. Веберъ даетъ число 311000, а Клэркъ Максуэллъ 288000 милліоновъ. Электростатическая единица, введенная Гаусс ом ъ и В. Вебером ъ, есть то количество электричества, которое равное ему количество электричества, находящееся отъ него на разстояніи одного миллиметра, отталкиваетъ съ силою, равною единицѣ. За единицу же силы принимается та сила, которая, дѣйствуя въ теченіе одной секунды на 1 mg., сообщаетъ ему скорость, равную одному mm. въ секунду. Вѣсъ миллиграмма сообщаетъ ему въ секунду скорость въ 9809 mm. Слѣдовательно, единица силы, введенная Вебером ъ, равна $\frac{1}{9809}$ вѣса миллиграмма.

Поэтому сила F, съ которою количество электричества +E, измѣренное въ электростатическихъ единицахъ, притягиваетъ къ себѣ равное ему количество —E, находящееся отъ него на разстояніи r, и измѣренное вѣсомъ нѣкотораго груза, равна

$$F = \frac{E^2}{r^2} \cdot \frac{1\ mg}{9809}.$$

Если мы подъ E будемъ подразумѣвать количество электричества, притекающее къ каждому электроду при разложеніи од-

ного mg. воды, то оно, по вышеприведеннымъ опредѣленіямъ, равно 31,66 биллiонамъ единицъ, и если мы r положимъ равнымъ 1 km. = 1000000 mm., то мы получимъ результатъ, данный въ текстѣ, или точнѣе 102180 kg.

Сравненіе съ тяготѣніемъ.

Вѣсъ нѣкоторой массы m есть сила притяженія между нею и массою земли, при чемъ послѣдняя такъ дѣйствуетъ, какъ будто-бы вся она была сосредоточена въ центрѣ земли. Если мы обозначимъ среднюю плотность земли черезъ h, а радiусъ ея черезъ r, то масса земли будетъ равна

$$\frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot h.$$

Если производимая тяготѣніемъ сила притяженія между двумя единицами массы, находящимися на разстоянiи единицы, есть G, то притяженіе массы m землею равна

$$gm = \frac{4\pi}{3} \cdot r \cdot h \cdot G \cdot m.$$

По опредѣленію метра имѣемъ

$$\frac{\pi}{2} r = 10^7 \text{ m} = 10^{10} \text{ mm}.$$

Далѣе

$$h = 5{,}62 \text{ mg. на 1 cmm.}$$

Отсюда притяженіе между $\frac{8}{9}$ mg кислорода и $\frac{1}{9}$ mg водорода, т. е. между количествами ихъ, содержащимися въ 1 mg. воды, на разстоянiи 1 mm. равно

$$\frac{1}{9} \cdot \frac{8}{9} \cdot G = \frac{g}{27 \cdot h \cdot 10^{10}},$$

или равно вѣсу

$$\frac{6{,}5917}{10^{13}} \text{ mg}.$$

Притяженіе между электрическими зарядами, которое выше было вычислено для разстоянiя въ 1 km., на разстоянiи одного mm. было бы равно вѣсу

$$102180 \cdot 10^{18} \text{ mg}.$$

Отсюда слѣдуетъ, что для того, чтобы получить, вслѣдствіе тяготѣнiя вѣсомыхъ массъ, при томъ же взаимномъ расположенiи, ту же силу притяженiя, массы должны быть въ 393700 биллiоновъ разъ больше вышеприведенныхъ массъ составныхъ частей воды.

II.

О ненасыщенныхъ соединеніяхъ (1883).

(Къ стр. 142).

Происхожденіе ненасыщенныхъ соединеній возможно объяснить допущеніемъ, что нѣкоторые атомы имѣютъ въ иныхъ мѣстахъ болѣе слабое сродство, при чемъ въ этихъ мѣстахъ электричество одного рода сильно притягивается, а другое такъ слабо, что можетъ даже совсѣмъ отдѣлиться, когда другіе атомы обладаютъ избыткомъ одноименнаго Е. Азотъ имѣетъ, какъ извѣстно, перемѣнное число сродствъ. По большей части онъ трехъ-эквивалентенъ; въ NH_4Cl и подобныхъ соединеніяхъ его приходится разсматривать какъ пяти-эквивалентный. Три изъ его сродствъ должны сильно притягивать—Е, четвертое (именно для четвертаго H въ нашатырѣ) слабо. Но три изъ нихъ должны также имѣть умѣренное притяженіе къ + Е. Когда три атома (обладающіе каждый двумя сродствами) электрически нейтральной мѣди растворяются въ азотной кислотѣ,

$$3\,Cu + 8NO_3H = 3\left|\begin{matrix}NO_3\\NO_3\end{matrix}\right\}Cu\Big| + 4[H_2O] + 2(NO),$$

то весь водородъ долженъ удержать положительный зарядъ, а три сродства, бывшіе ранѣе отрицательными, получить положительный зарядъ отъ Cu. Три эквивалента — Е должны будутъ, слѣдовательно, перейти къ двумъ атомамъ NO; но они не могутъ быть раздѣлены на двѣ равныя части. Насыщенный атомъ

$$O = N - N = O$$

очевидно непроченъ, тогда какъ двуокись азота, также легко распадающаяся, представляетъ изъ себя нѣсколько болѣе прочное соединеніе

$$\begin{matrix}O - N - O\\ |\quad\;\; |\quad\;\; |\\ O - N - O\end{matrix}$$

Если принять, что въ одной половинѣ атома отдѣлилось + Е отъ мѣста слабаго сродства, которое можетъ прочно удерживать только — Е, что въ другой половинѣ атома соотвѣтствующее мѣсто прочно удерживаетъ — Е, и что отдѣлившееся + Е связывается этимъ — Е какъ электростатическій зарядъ, то получилось бы распредѣленіе, въ которомъ каждый атомъ былъ бы нейтраленъ, но одна половина атомовъ содержала бы въ себѣ на одинъ эквивалентъ обоихъ электричествъ болѣе, чѣмъ другая.

50 kan

500 к

Научная библиотека НГУ
1800550127